

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
Φοιτήτρια: Μίχου Ουρανία**

**Επίδραση του imidacloprid στην αφίδα *A. gossypii* Glover και του
ορυκτελαίου ultrafine στη μετάδοση του ιού του κίτρινου μωσαϊκού
της κοινής κολοκυθιάς (ZYMV) από την ίδια αφίδα.**



Επιβλέπων Καθηγητής: Ι. Α. Τσιτσιπής

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 1998



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 23/Δ
Ημερ. Εισ.: 04-08-2003
Δωρεά:
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΓΦΖΠ
1998
ΜΙΧ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070996

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Ι.Α. Τσιτσιπής: Καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας Π.Θ.

Α. Παππάς : Καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας Π.Θ.

Π. Λόλας : Καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας Π. Θ.

στην οικογένεια μου

Πρόλογος

Στην παρούσα εργασία μελετάται η επίδραση του εντομοκτόνου imidacloprid στην αφίδα *Aphis gossypii* και του ορυκτελαίου ultrafine στη μετάδοση του ιού του κίτρινου μωσαϊκού της κοινής κολοκυθιάς (ZYMV) από την *Aphis gossypii*.

Η διατριβή αποτελείται από δύο τμήματα. Στο γενικό μέρος δίνονται πληροφορίες σχετικά με το είδος *A. gossypii*, τη διατροφή των αφίδων, την τεχνική μελέτης της συμπεριφοράς διατροφής των αφίδων (EPG), τα μέσα καταπολέμησης και τους τρόπους μετάδοσης των ιών σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία.

Στο ειδικό μέρος περιγράφονται πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, αναλύονται τα αποτελέσματα και γίνεται συζήτηση αυτών.

Ευχαριστίες

Πολλές ευχαριστίες εκφράζονται στον Επιβλέποντα Καθηγητή μου Ι.Α. Τσιτσιπή για τη βοήθεια και πολύτιμη καθοδήγηση. Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται στο προσωπικό του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής και Ζωικής Παραγωγής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την πολύτιμη βοήθεια που προσέφεραν κατά τη διάρκεια της εργασίας. Θερμές ευχαριστίες στην οικογένεια μου και τους φίλους μου για την αγάπη τους και την συμπαράσταση τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη

σελίδα

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Εισαγωγή.....	8
2. <i>Aphis gossypii</i> (Glover).....	11
3. Διατροφή των αφίδων.....	15
α. Περιγραφή στοματικών μορίων.....	15
β. Συμπεριφορά διατροφής.....	16
γ. Ποιότητα τροφής.....	16
δ. Διατροφή και μετάδοση ιών.....	17
4. Τεχνική μελέτης συμπεριφοράς διατροφής αφίδων (EPG).....	19
α. Ηλεκτρική Καταγραφή Δραστηριότητας Διατροφής (EPG).....	19
β. Αρχές λειτουργίας του EPG.....	20
γ. Περιγραφή του EPG.....	21
δ. Πρότυπα EPG και συσχέτιση συμπεριφοράς διατροφής των αφίδων.....	23
ε. Περιγραφή των προτύπων του EPG.....	24
5. Καταπολέμηση.....	29
α. Μέτρα καταπολέμησης.....	29
β. Χημική μέθοδος καταπολέμησης.....	30
β.1 Ορυκτέλαια.....	30
β.2 imidacloprid.....	32
γ. Προσδιορισμός Τοξικότητας- Θανατηφόρες Δόσεις Εντομοκτόνων.....	33
6. Αφιδομετάδοση.....	35
α. Αφίδες -φορείς ιών.....	35
β. Τρόποι αφιδομετάδοσης.....	35
γ. Μη έμμενη μετάδοση.....	37
δ. Ο ιός του κίτρινου μωσαϊκού της κοινής κολοκυθιάς.....	39
7. Σκοπός της εργασίας.....	41

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Επίδραση του imidacloprid στην αφίδα *Aphis gossypii* και του ορυκτελαίου ultrafine στη μετάδοση του ιού του κίτρινου μωσαϊκού της κοινής κολοκυθιάς (ZYMV) από την *Aphis gossypii*

α. Εισαγωγή.....	44
β. Υλικά και Μέθοδοι.....	47
γ. Αποτελέσματα.....	52
δ. Συζήτηση και Συμπεράσματα.....	62
Βιβλιογραφία.....	69

Περίληψη

Μελετήθηκε η επίδραση χαμηλής συγκέντρωσης του imidacloprid (0,5ppm) στη συμπεριφορά διατροφής της *A. gossypii* και στο ρυθμό παραγωγής των απογόνων της. Η μελέτη έδειξε ότι το imidacloprid επηρεάζει τη συμπεριφορά διατροφής των αφίδων, μειώνοντας τον αριθμό των νυγμάτων και τη διάρκεια της διατροφικής τους δραστηριότητας. Επίσης στα πρώτα 10' λεπτά διατροφής τους, το imidacloprid φάνηκε να μειώνει τον αριθμό των διατρήσεων των κυττάρων αλλά μετά τα 20' λεπτά ο αριθμός των pd δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές με το μάρτυρα (φυτά ψεκασμένα με νερό). Μη επίδραση βρέθηκε και στη διαδικασία έκκρισης σιέλου (E1) και παθητικής αναρρόφησης χυμού (E2). Τέλος το imidacloprid φαίνεται να επηρεάζει αρνητικά την επιβίωση των ενήλικων ατόμων που διατράφηκαν για 48h σε ψεκασμένα φυτά με imidacloprid, τον αριθμό των απογόνων τους, τις ημέρες αναπαραγωγής καθώς και τον ενδογενή ρυθμό αύξησης του πληθυσμού τους.

Επίσης μελετήθηκε η επίδραση του ορυκτέλαιου ultrafine 2% στη μετάδοση του ιού του κίτρινου μωσαϊκού της κοινής κολοκυθιάς (ZYMV) από την *A. gossypii* και τη σχέση του ορυκτελαίου με τη συμπεριφορά διατροφής της. Από τη μελέτη φάνηκε ότι η μικρή μείωση του ποσοστού μόλυνσης από τον ιό των ψεκασμένων φυτών με έλαιο σε σχέση με το μάρτυρα (φυτά ψεκασμένα με νερό) δεν οφείλεται στον αριθμό των διατρήσεων των κυττάρων (pd), αφού στα πρώτα 10' λεπτά διατροφής των αφίδων ο αριθμός των pd δεν μειώνεται. Το έλαιο επίσης δεν επηρέασε τη διαδικασία έκκρισης σιέλου (E1) και παθητικής αναρρόφησης χυμού (E2). Φάνηκε όμως να επιδρά στη συμπεριφορά διατροφής των αφίδων, μειώνοντας τον αριθμό των νυγμάτων και τη διάρκεια της διατροφικής δραστηριότητας.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Εισαγωγή

Οι αφίδες είναι έντομα γνωστά στο μέσο άνθρωπο και τον αγρότη με τα κοινά ονόματα ψείρα, φυτόφθειρα και μελίγκρα.

Ταξινομικά οι αφίδες ανήκουν:

Βασίλειο (Regnum):	Ζωϊκό
Φύλο (Phylum):	Αρθρόποδα (Arthropoda)
Υπόφυλο (Sub-phylum):	Γναθωτά (Mandibulata)
Κλάση (Class):	Έντομα (Insecta)
Υποκλάση (Sub-class):	Εξοπτερύγωτα
Τάξη: (Order)	Ομόπτερα (Homoptera)
Υπεροικογένεια:	Aphidoidea
Οικογένεια (Family):	Aphididae

Είναι έντομα μικρόσωμα με σώμα μαλακό, μήκους 1-3 και σπάνια έως 7mm. Έχουν λεπτά μακριά πόδια με διάρθρους ταρσούς, μακρύ ρύγχος και κεραίες από 3-6 άρθρα. Οι περισσότερες αφίδες έχουν στα νώτα του 5ου κοιλιακού δακτυλίου εξαρτήματα που λέγονται σιφώνια ή κεράτια, και είναι εκφορητικοί αγωγοί αδένων που παράγουν φερομόνες. Στην άκρη της κοιλίας φέρουν ουρίτσα ή ουρά (cauda). Οι πτερωτές μορφές έχουν δύο ζεύγη διάφανων πτερυγών. Τα περισσότερα είδη είναι πολυμορφικά.

Ζουν κυρίως σε τρυφερά φύλλα και τρυφερούς βλαστούς διαφόρων φυτών - ξενιστών. Μερικά είδη είναι ριζόβια, ή φυλλόβια και ριζόβια και αρκετά είναι κηκιδόβια. Ζουν ομαδικά, το ένα κοντά στο άλλο και οι αποικίες τους την άνοιξη μπορεί να καλύψουν όλο το κορυφαίο μέρος των νέων βλαστών.

Οι αφίδες αφαιρούν μεγάλη ποσότητα χυμού από τα φυτά και το νύγμα τους προκαλεί τη συστροφή των φύλλων, το κιτρίνισμα, την αποξήρανση και την πτώση αυτών. Τα μελιτώδη αποχωρήματα (honey dew) ρυπαίνουν το φύλλωμα και τους καρπούς και ευνοούν την ανάπτυξη καπνιάς, η οποία δημιουργείται από ανάπτυξη σαπροφυτικών μυκήτων. Τα μελιτώματα φράζουν τα στομάτια των φύλλων, ενώ η καπνιά καλύπτοντας μεγάλο μέρος της επιφάνειας των φύλλων μειώνει τη φωτοσυνθετική ικανότητα του φυτού με αποτέλεσμα τη μη σωστή λειτουργία των συστημάτων και τη μειωμένη απόδοση. Επίσης σημαντική είναι και η επίδραση στα φυτικά προϊόντα με συνέπεια τη

μειωμένη οικονομική τους αξία. Σε πολλά είδη έχουν αναπτυχθεί σχέσεις συμβίωσης με μυρμήγκια, τα οποία συλλέγουν τα μελιτώδη αποχωρήματα και προστατεύουν τις αφίδες από διάφορους εχθρούς. Από τις κυριότερες κατηγορίες εντόμων που μεταδίδουν στα φυτά παθογόνους ιούς, οι αφίδες είναι φορείς πολλών ιών και προκαλούν σοβαρές ιώσεις στα καλλιεργούμενα φυτά.

Οι ζημιές που προκαλούν οι αφίδες, με την απομύζηση χυμού, τη διείσδυση τοξικού σιέλου, τη διασπορά φυτικών ιώσεων και την απέκκριση μελιτωδών αποχωρημάτων σε συνδυασμό με τους πυκνούς συνήθως πληθυσμούς τους, λόγω του μεγάλου αριθμού γενεών το έτος, καθιστούν τις αφίδες σοβαρούς εχθρούς των καλλιεργειών και τις κατατάσσουν ανάμεσα στους πιο βλαβερούς εχθρούς.

Οι αφίδες είναι άφθονες κυρίως την άνοιξη και το φθινόπωρο και γενικά όταν ο καιρός είναι μέτρια θερμός και υγρός. Την άνοιξη τα παρθενογενετικά θηλυκά αναπαράγονται ταχύτατα αφού οι καιρικές συνθήκες και τα άφθονα τρυφερά φύλλα ευνοούν την ανάπτυξή τους. Σε κλίματα όπως της Ελλάδας, οι θερμοί και ξηροί μήνες του καλοκαιριού δεν ευνοούν τη συνεχή αναπαραγωγή των αφίδων και οι πληθυσμοί τους περιορίζονται πολύ.

Οι αφίδες έχουν ένα μεγάλο αριθμό αποτελεσματικών φυσικών εχθρών τόσο στο Φυτικό όσο και στο Ζωϊκό Βασίλειο όπως φαίνεται στους Πίνακες 1 και 2.

Πίνακας 1. Κατάταξη ορισμένων φυσικών εχθρών αφίδων που ανήκουν στο Φυτικό Βασίλειο

Βασίλειο(Regnum):	Φυτικό	
Φύλλο (Phylum):	Μύκητες(Fungi)	
Κλάση (Class):	Φυκομύκητες (Phycomycetes)	Αδηλομύκητες
Υποκλάση (Sub-class):	Ζυγομύκητες (Zygomycetes)	
Τάξη (Order):	Entomophthorales	Moniliales
Γένος (Genur):	<i>Entomophthora</i>	<i>Verticillium</i>

Πίνακας 2. Κατάταξη ορισμένων φυσικών εχθρών αφίδων που ανήκουν στο Ζωϊκό Βασίλειο

Βασίλειο (Regnum):	Ζωϊκό	
Φύλο (Phylum):	Αρθρόποδα (Arthropoda)	
Υπόφυλο (Sub-phylum):	Γναθωτά (Mandibulata)	
Κλάση (Class):	Έντομα (Insecta)	
Υποκλάση (Sub-class):	Ενδοπτερύγωτα	
	Τάξεις: (Order)	Οικογένειες (Family):
	Diptera	Syrphidae
		Cecidomyidae
	Neuroptera	Hemerobiidae
		Chrysopidae
	Coleoptera	Coccinellidae
		Carabidae
		Staphylinidae
	Hymenoptera	Proctotrupidae
		Chalcididae
		Braconidae

2. *Aphis gossypii* Glover

Ταξινομική θέση: Ανήκει στην υπεροικογένεια Aphidoidea των Homoptera στην οικογένεια Aphididae (στην υποοικογένεια Aphidinae), στο γένος *Aphis* και στο είδος *gossypii*. Πολλά είναι τα συνώνυμα ονόματα του είδους όπως αυτά καταγράφονται από τους Remaudière και Remaudière (1997) όπως φαίνεται στον Πίνακα 3. Το κοινό όνομα της αφίδας είναι μελίγκρα του βαμβακιού και μελίγκρα της πεπονιάς.

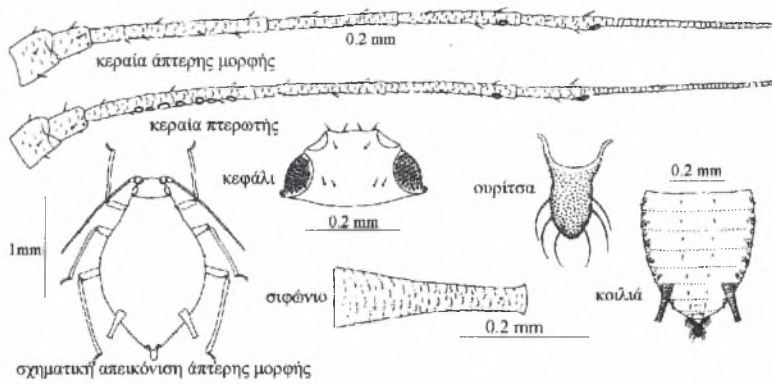
Πίνακας 3: Συνώνυμα ονόματα του είδους *Aphis gossypii*

Aphis gossypii Glover, 1877

- =*affinis* var *gardeniae* del Guercio, 1913
- =*aurantii* var *limonii* del Gercio, 1917 (Toxoptera)
- = *bauhiniae* Theobald, 1918
- = *bryophyllae* Shinji, 1922
- =*calendulicola* Monell in Riley & Monell, 1879 [syn. par Cook, 1984 b]
- =*chloroides* Nevsky, 1929
- = *circeandis* Fitch, 1870
- =*citri* Ashmead, 1887 ex Essig, 1919
- =*citrulli* Ashmead, 1882
- =*colocasiae* Matsumura, 1917
- =*commelinae* Shinji, 1922
- =*convolvulicula* Ferrari, 1872?
- =*cucumeris* Forbes, 1883
- =*cucurbiti* Buckton 1879
- =*figus* Theobald, 1918?
- =*flava* Nevsky, 1929
- =*gossypii* var. *callicarpae* Takahashi, 1921
- =*gossypii* var. *lutea* Nevsky, 1929
- =*gossypii* var *obscura* Nevsky, 1929
- =*gossypii* var *viridula* Nevsky, 1929
- =*hederella* Theobald, 1915
- =*helianthi* del Guercio, 1916
- =*heliotropii* Macchiati, 1885?
- =*hibiscifoliae* Shinji, 1922

- =*inugomae* Shinji, 1922
- =*leomuri* Takahashi, 1921 (Toxoptera)
- =*ligustriella* Theobald, 1914
- =*lilicola* Williams, 1911?
- =*malvacearum* van der Goot ex B. Das, 1918
- =*malvoides* B. Das, 1918 nec van der Goot, 1917
- =*minuta* Wilson, 1911
- =*monardae* Oestlund, 1887
- =*oxalis* Macchiati, 1884?
- =*parvus* Theobald, 1915
- =*perillae* Shinji, 1922?
- =*pomonella* Theobald, 1916
- =*pruniella* Theobald, 1918
- =*shirakii* Takahashi, 1921
- =*solanina* Passerini, 1863
- =*tectonae* van der Goot, 1917
- =*tridacis* Theobald, 1929
- =*vitifoliae* Shinji, 1922

Περιγραφή: Το άπτερο ζωτόκο παρθενογενετικό θηλυκό έχει σώμα σχετικά λεπτό, μήκους 1,2 - 2mm και χρώμα συνήθως πράσινο. Δεν είναι όμως σπάνιες οι περιπτώσεις όπου το χρώμα είναι πρασινοκίτρινο, πράσινο τεφρό, πράσινο βαθύ ή ακόμα και πρασινόμαυρο (Τζανακάκης 1980, Τσιτσιπής 1997). Τα ενήλικα όταν είναι μεγάλα σε μέγεθος είναι σκούρα πράσινα σχεδόν μαύρα, αλλά αυτά που παράγονται σε συνωστισμένες αποικίες, σε υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να είναι μικρότερα από 1mm μήκος, χρώματος ανοιχτού κίτρινου (Blackman and Eastop 1984). Οι οφθαλμοί είναι σκοτεινοκάστανοι. Οι κεραίες είναι πιο κοντές από το σώμα και δεν φτάνουν μέχρι τη βάση των σιφωνίων. Τα σιφώνια είναι μαύρα και έχουν μήκος 0,14 - 0,23 του μήκους του σώματος. Το πτερωτό είναι κάπως μικρότερο (1,35 - 0,65mm) και έχει άνοιγμα πτερύγων 5,1mm. Στην Εικόνα 1 φαίνεται η σχηματική απεικόνιση του είδους και στην Εικόνα 2 η αφίδα ως ενήλικο άπτερο άτομο.



Εικόνα 1. Σχηματική απεικόνιση της άπτερης μορφής του είδους *A. gossypii* (από Piero Cravedi and Grazeilla Bolche Kerini, 1981).



Εικόνα 2. Αφίδα *A. gossypii* ενήλικο άπτερο άτομο (Patti 1983)

Γεωγραφική κατανομή: Υπάρχει σχεδόν σε όλες τις χώρες που έχουν ηπειρωτικό ή υποτροπικό κλίμα. Υπάρχει σε όλες τις παραμεσόγειες χώρες.

Ξενιστές: Είναι πολυφάγο είδος και προσβάλλει φυτά που ανήκουν σε τουλάχιστον 32 διαφορετικές οικογένειες. Από τα καλλιεργούμενα

προσβάλλει το βαμβάκι και τα κολοκυνθοειδή. Ακόμα προσβάλλονται φυτά του γένους *Citrus*, ο καφές, το κακάο, η μελιτζάνα, η πατάτα, η μπάμια, το σπαράγγι.

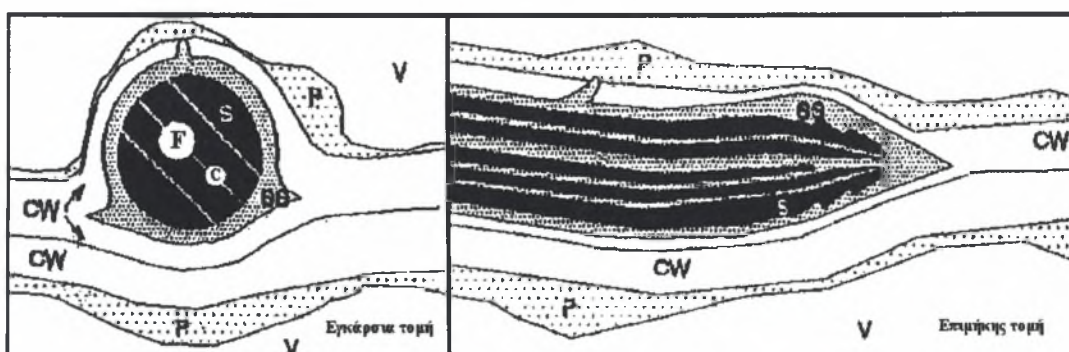
Βιολογία: Έχει πολλές γενιές το έτος. Ο Paddock εξέθρεψε 60 γενιές σε ένα έτος (Τζανακάκης 1980, Τσιτσιπής 1997). Οι αφίδες ευνοούνται από σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλή σχετικά υγρασία. Παρόλα αυτά είναι σχετικά ανθεκτικό είδος στο θερμό και ξηρό θέρος, σε αντίθεση με πολλά είδη αφίδων.

Ζημιές: Προσβάλλει κατά προτίμηση τις κορυφές τρυφερών βλαστών και τρυφερά φύλλα, που συστρέφονται και τελικά ξηραίνονται. Απεκκρίνει μελιτώματα (ζαχαρώδη απεκκρίματα) σε μεγάλες ποσότητες, ικανές να φράξουν τα στομάτια των φύλλων. Λόγω του μελιτώματος αναπτύσσεται καπνιά, αποτέλεσμα ανάπτυξης σαπροφυτικών μυκήτων, η οποία μειώνει τη φωτοσυνθετική ικανότητα του φυτού και πολλές φορές και την οικονομική του αξία. Εκτός από τις άμεσες ζημιές, η αφίδα είναι και φορέας πάρα πολλών σοβαρών ιώσεων που βλάπτουν τα φυτά. Μεταξύ των ιώσεων που έχει αναφερθεί ότι μεταδίδει στη διεθνή βιβλιογραφία περιλαμβάνονται αρκετοί ιοί των κολοκυνθοειδών, της πατάτας και μιας σειράς από άλλες καλλιέργειες. Επίσης έχει αναφερθεί ως φορέας, όχι πολύ αποτελεσματικός, της τριστέτσας *Tristeza* των εσπεριδοειδών (*Citrus tristeza virus*).

3. Διατροφή των αφίδων

3α. Περιγραφή στοματικών μορίων

Οι αφίδες ανήκουν στην ομάδα των εντόμων που φέρουν στοματικά μόρια νύσσοντος μυζητικού τύπου. Ο τύπος αυτός είναι μια τροποποιημένη μορφή του μασητικού τύπου με αρκετές διαφορές. Όλα τα στοματικά μόρια έχουν επιμηκυνθεί. Το κάτω χείλος (labium) έχει μετατραπεί σε μακρύ κολεό όπου εναποτίθενται οι άνω και κάτω γνάθοι (mandibulae, maxillae) που έχουν μετατραπεί σε σμήριγγες. Με το προιονωτό άκρο των άνω - γναθικών σμήριγγων επιτυγχάνεται η νύξη του φυτικού υποστρώματος ενώ η μύζηση του φυτικού χυμού γίνεται με τις κάτω γναθικές σμήριγγες που διεισδύουν εντός των φυτικών ιστών. Οι δύο κάτω γναθικές σμήριγγες είναι ενωμένες και σχηματίζουν δύο αγωγούς. Ο ανώτερος καλείται τροφικός αγωγός και χρησιμεύει για τη μύζηση του φυτικού χυμού και ο κατώτερος καλείται σιелоφόρος αγωγός και χρησιμεύει για την έκχυση, εντός των φυτικών ιστών, σιέλου με πρωτεολυτικά ένζυμα και κάποιες φορές για την έκχυση παθογόνων μικροοργανισμών (βακτήρια, ιοί). Στην Εικόνα 3 φαίνεται η σχηματική απεικόνιση το στοματικών μορίων της αφίδας καθώς και ο σχηματισμός του τροφικού και σιелоφόρου αγωγού.



CW: Κυτταρικά τοιχώματα S: στυλέτα F: τροφικός αγωγός
 P: πρωτόπλασμα SS:θήκη σιέλου C: σιелоφόρος αγωγός
 V: χυμοτόπιο

Εικόνα 3. Στοματικά μόρια της αφίδας τύπου νύσσοντος μυζητικού (Tjallingii αδημοσίευτα στοιχεία)

3β. Συμπεριφορά διατροφής

Με την έναρξη της διαδικασίας διατροφής εκκρίνεται σιέλος. Οι σμήριγγες διεισδύουν στην επιδερμίδα του φύλλου. Η αφίδα αρχικά κάνει διερευνητικά νύγματα, για να δοκιμάσει την ποιότητα και την καταλληλότητα της τροφής (probing). Η διείσδυση συνήθως συνεχίζεται σε βαθύτερα στρώματα με τη βοήθεια μιας θήκης σιέλου που σχηματίζεται κατά τη διάρκεια της διείσδυσης. Οι σμήριγγες συνήθως κινούνται μεταξύ των κυττάρων μέχρι να φτάσουν στο φλοίωμα. Η προσέγγιση του φλοιώματος μπορεί να πάρει από μερικά λεπτά μέχρι και ώρες. Μόνο τα στυλέτα εισάγονται στο φλοίωμα για την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων. Η πίεση στα κυτταρικά τοιχώματα αναγκάζει τις άκρες του ρύγχους να ανοίγουν, εκθέτοντας την άκρη του τροφικού και σιελοφόρου αγωγού. Έρευνα έχει δείξει ότι όταν η αφίδα τρέφεται στο φλοίωμα εκκρίνει σιέλο, ο οποίος φέρει ένζυμα και έχει υδατώδη σύσταση. Αυτή η θήκη σιέλου εκκρίνεται κατά τη διάρκεια διατροφής στο φλοίωμα και κατά την απόσυρση των στυλέτων και χρησιμοποιείται για να σφραγίσουν το κενό της σιελογόνου θήκης που καταλαμβάνονταν από τα στυλέτα. Η όλη διαδικασία διατροφής προκαλεί μικρή ζημιά στο φλοίωμα και στα τριγύρω κύτταρα κοντά στο μονοπάτι των στυλέτων (Pollard 1977).

3γ. Ποιότητα τροφής

Η ποσότητα φυτικού χυμού που απομυζούν οι αφίδες (από τα φυτά) είναι μεγάλη έτσι ώστε να συγκεντρώσουν ικανοποιητικά ποσοστά πρωτεΐνης μιας και ο κατεργασμένος χυμός είναι πλούσιος σε σάκχαρα, φτωχός όμως σε αμινοξέα που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη. Ο χυμός δεν είναι τόσο θρεπτικός όταν τα φύλλα είναι ώριμα. Η ανάπτυξη και η αναπαραγωγή των αφίδων εξαρτάται από το στάδιο της ανάπτυξης των φυτών ξενιστών και το επίπεδο του διαλυτού αζώτου σ'αυτά (Kennedy et al. 1950, Mittler 1958, Dixon 1970). Ο περισσότερος από το χυμό αποβάλλεται ως μελιτώδες απέκκριμα, το οποίο χρησιμοποιείται από πολλά έντομα, ειδικά από τα μυρμήγκια, ως πλούσια πηγή υδατανθράκων. Τελικά, λίγη από την ενέργεια που προσλαμβάνουν οι αφίδες χρησιμοποιείται για την ανάπτυξή τους.

Παρόλα αυτά όμως, μπορούν να γίνουν άφθονες και να υποστηρίξουν μεγάλο αριθμό φυσικών εχθρών (Dixon 1985). Όταν μερικά κύρια θρεπτικά συστατικά λείπουν ή είναι σε μικρή περιεκτικότητα στον κατεργασμένο χυμό, τότε πολλές αφίδες συμβιώνουν με μικροοργανισμούς.

Η έκκριση σιέλου εντός των φυτικών ιστών επιδρά γρήγορα στο φυτό προς όφελος πάντα της αφίδας (Dixon 1985). Στην πορεία ο σιέλος επηρεάζει την ανάπτυξη του φύλλου και βελτιώνει την ποιότητα του χυμού για τις αφίδες. Κάθε είδος αφίδας πιθανόν να έχει διαφορετική ποιότητα σιέλου (Forrest and Dixon 1975). Επίσης, κάποιες αφίδες έχουν τη δυνατότητα να παρεμβαίνουν στο μεταβολισμό και την ανάπτυξη του φυτού προς δικό τους όφελος και όλες δείχνουν μια σαφή τάση να αποικίζουν μόνο τα πλουσιότερα σε θρεπτικά στοιχεία μέρη των φυτών (Dixon 1985).

3δ. Διατροφή και μετάδοση ιών

Μεταξύ των εντόμων οι αφίδες έχουν εξελιχθεί από τους πιο πετυχημένους εκμεταλλευτές ανώτερων φυτών ως πηγή τροφής, ιδιαίτερα της χλωρίδας των εύκρατων περιοχών. Συγχρόνως αποτελούν σημαντική ομάδα φορέων ιών.

Τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του φυτού όπως η κηρώδης επικάλυψη της επιδερμίδας του φύλλου, η πυκνότητα των τριχών στα φύλλα και διάφορες χημικές ουσίες, επηρεάζουν σημαντικά τη συμπεριφορά διατροφής της αφίδας και επομένως την αποτελεσματική μετάδοση ιών. Επίσης περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως θερμοκρασία, υγρασία και άνεμος μπορεί να επηρεάσουν τις κινήσεις των αφίδων και τη διατροφή τους. Έτσι επηρεάζουν και τη μετάδοση των ιών επιδρώντας στην αποδοχή του φυτού και στη συγκέντρωση του ιού στα φύλλα - πηγές. Ακόμη τα είδη και οι ποικιλίες των φυτών που χρησιμοποιούνται ως πηγές των ιών και αποδέκτες των ιών μπορεί να επηρεάσουν την ικανότητα μετάδοσης του ιού.

Τέλος, πολλά παραδείγματα είναι γνωστά όπου η μόλυνση ενός φυτού με ιό κάνει το φυτό πιο κατάλληλο για την ανάπτυξη και αναπαραγωγή του φορέα εντόμου. Η *Aphis fabae* γεννά περισσότερα μικρά ανά μητέρα σε τεύτλα μολυσμένα με τον ιό του μωσαϊκού των τεύτλων απ'ότι σε υγιή φυτά (Kennedy 1951). Στα μολυσμένα με ιό φυτά, λόγω συνωστισμού, η μετανάστευση των αφίδων ξεκινά νωρίτερα.

4. Τεχνική μελέτης συμπεριφοράς διατροφής αφίδων (EPG)

4α. Ηλεκτρική Καταγραφή Δραστηριότητας Διατροφής (EPG)

Η συμπεριφορά διατροφής της αφίδας δεν περιορίζεται στην λήψη τροφής και έκκριση σιέλου αλλά επίσης περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως κινήσεις του ρύγχους, αναμάσηση και αλληλεπιδράσεις με το φυτό. Παρότι είναι γνωστό ότι οι μηχανικές ενέργειες του ρύγχους και η έκκριση διαφορετικών τύπων σιέλου οδηγούν από την επιδερμίδα στο φλοίωμα, παραμένουν πολλές απορίες για αυτά τα φαινόμενα και για τις αντιδράσεις των ιστών και των κυττάρων του φυτού. Λίγα είναι γνωστά για τα φυσικοχημικά σήματα, που χρησιμοποιούν οι αφίδες για την αναγνώριση του ξενιστή, του σημείου διατροφής στον ξενιστή και το προτιμώμενο ιστό. Επίσης δεν είναι γνωστό σε ποια φάση της διείσδυσης τέτοια σήματα γίνονται αντιληπτά από την αφίδα (Wensler and Filshie 1969, Wensler 1974, 1977, Tjallingii 1978b).

Οι περισσότερες γνώσεις μέχρι σήμερα για τη διείσδυση του ρύγχους (Pollard 1973), την αντίδραση του ξενιστή και τις εκκρίσεις της αφίδας (Miles 1972) έχουν προσδιοριστεί με τεχνικές όπως το φωτεινό και ηλεκτρονικό μικροσκόπιο τα οποία όμως δίνουν τμηματικά ή έμμεσα συμπεράσματα (Evert et al. 1973, Rohfritsch 1977, Kimmins and Tjallingii 1985).

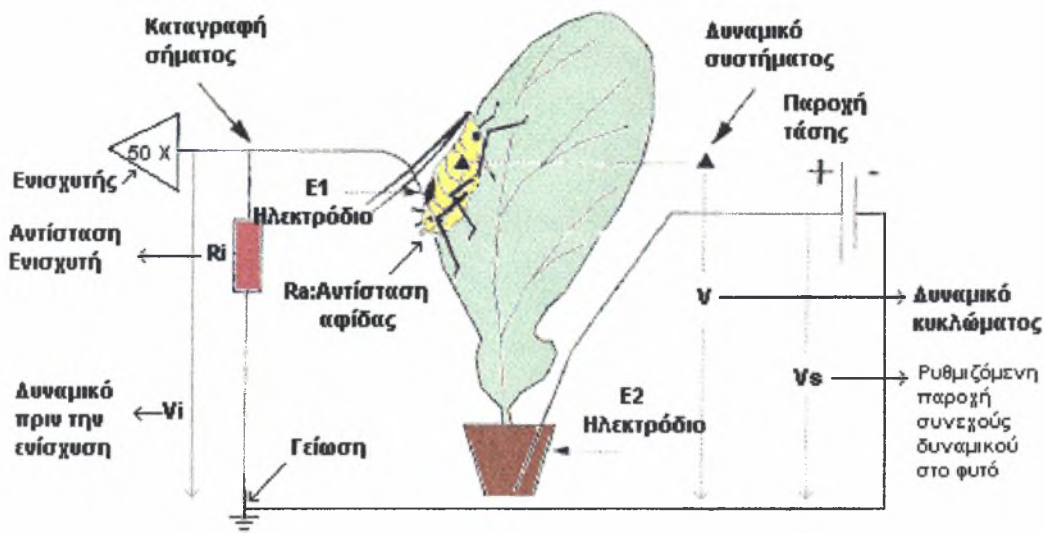
Μια τεχνική μελέτης της διατροφικής συμπεριφοράς των αφίδων είναι η Ηλεκτρική Καταγραφή Δραστηριότητας Διατροφής (EPG, Electrical Penetration Graph) (McLean and Kinsey 1964, Tjallingii 1978a). Η τεχνική αυτή μας δίνει νέες πληροφορίες και διασαφηνίζει ορισμένες περιοχές της διατροφικής συμπεριφοράς. Από τη φύση της είναι τελείως διαφορετική από τις άλλες τεχνικές. Η δράση της διατροφής προκαλεί ηλεκτρικά συμβάντα στους αγωγούς του ρύγχους (τροφικός και σιελοφόρος) και στο άκρο του. Αυτά τα ηλεκτρικά συμβάντα, επιδρούν στο καταγραφόμενο σήμα, στο EPG. Όλο το σύστημα των σημάτων καταγράφεται μόνο όταν η συνδεδεμένη με το ηλεκτρόδιο αφίδα έρχεται σε επαφή με την τροφή με την άκρη του ρύγχους της. Για να είναι δυνατή η καταγραφή στο EPG θα πρέπει τα αδύνατα σήματα να ενισχυθούν. Από την παρουσίαση αυτής της

μεθόδου από τους McLean και Kinsey (1964), τα χαρακτηριστικά του ενισχυτή έχουν τροποποιηθεί από πολλούς ερευνητές (Schaefer 1966, Brown and Holbrook 1976, Tjallingii 1978a). Επίσης, δύο μέθοδοι καταγραφής έχουν χρησιμοποιηθεί: η μία χρησιμοποιεί εναλλασσόμενο ρεύμα (AC μέθοδος) (McLean και Kinsey, Brown and Holbrook) και η άλλη μη εναλλασσόμενο (DC μέθοδος) (Schaefer, Tjallingii). Παρότι αρχικά μόνο τέσσερα διαφορετικά πρότυπα κυμάτων διακρίνονταν, το EPG στην πραγματικότητα είναι πολύ πιο πολύπλοκο. Τουλάχιστον έξι διαφορετικά πρότυπα κυμάτων περιγράφηκαν από τον Tjallingii (1978a, 1985a,b) και πιθανώς είναι απαραίτητο να αναγνωρισθούν και άλλα.

4β. Αρχές λειτουργίας του EPG

Το σύστημα για το EPG είναι ένα σχετικά απλό κύκλωμα (Σχήμα 1). Το κύκλωμα κλείνει με την εισαγωγή των στυλέτων της αφίδας μέσα στο φύλλο. Η αντίσταση της αφίδας (R_a) συνδέεται με την αντίσταση του ενισχυτή (R_i). Το δυναμικό του κυκλώματος είναι κυρίως το αποτέλεσμα της ρυθμιζόμενης παροχής συνεχούς δυναμικού στο φυτό (V_s) και του δυναμικού των κυττάρων το οποίο εμφανίζεται στο δυναμικό των ηλεκτροδίων της αφίδας και του φυτού ($V = V_s + E$) (1). Τα δυναμικά των ηλεκτροδίων είναι απρόβλεπτα και η αξία τους και το σήμα τους μπορεί να αλλάξει κατά τη διάρκεια του χρόνου. Το δυναμικό του EPG (V_i) είναι αποτέλεσμα της ρύθμισης του V λόγω των αλλαγών στην αντίσταση της αφίδας ($V_i = V \times \frac{R_i}{R_i + R_a}$) (2). Όταν η προσαρμογή του V_s κάνει το V θετικό, το V_i γίνεται θετικό και όταν το V είναι αρνητικό το γράφημα καταγράφεται με αρνητικό σύμβολο. Όταν το V είναι ίσο με 0 Volt, π.χ. $V_s = -E$ (1), το EPG σήμα σχεδόν εξαφανίζεται. Παρ'όλα αυτά σε αντίθεση με το τι μπορεί να προσδοκάται από την εξίσωση (2) φαίνεται ότι το δυναμικό του EPG V_i δεν ελαττώνεται τελείως. Αυτό δείχνει ότι η παραδοχή ότι το σήμα έχει αποκλειστικά προκληθεί από την αντίσταση της αφίδας R_a δεν είναι τελείως έγκυρη. Το εναπομείναν σήμα πρέπει να προκλήθηκε από ένα γενικό δυναμικό στην αφίδα ή στο ίδιο το φυτό και μπορεί να αναφερθεί ως ένα ηλεκτροκινητικής δύναμης (emf) συστατικό. Και τα δύο συστατικά emf και R , περιέχουν βιολογικές πληροφορίες στις

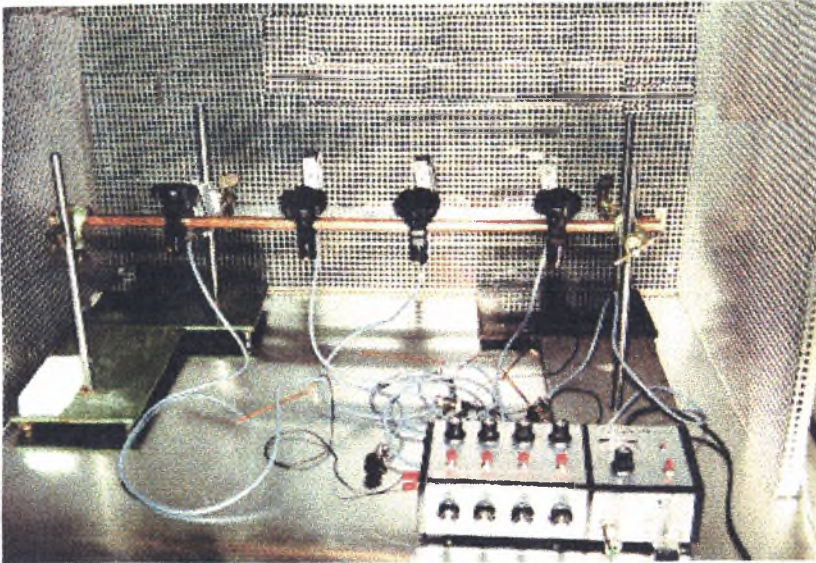
δραστηριότητες διατροφής αλλά το μέγεθος της συνεισφοράς τους διαφέρει από πρότυπο σε πρότυπο.



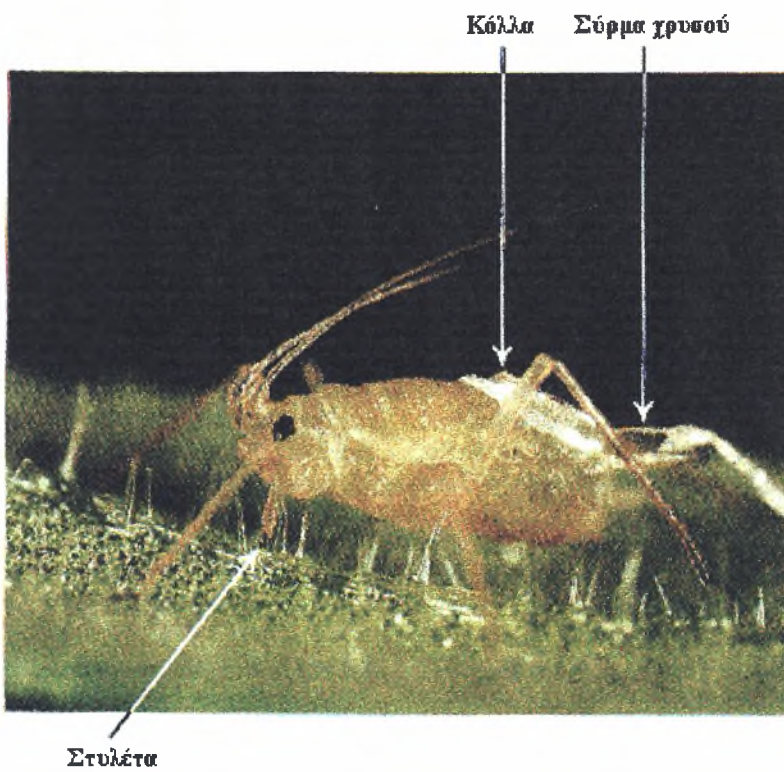
Σχήμα 1. Σχηματική παράσταση μεθόδου Ηλεκτρικής Καταγραφής Δραστηριότητας Διατροφής αφίδων (Tjallingii 1987)

4γ. Περιγραφή του EPG

Ο ενισχυτής και η αντίσταση του ενισχυτή R_i περιλαμβάνονται σε ένα μικρό κουτί (μέγεθος σπιρτόκουτου) και στερεώνεται με βάση κοντά στο φυτό επιτρέποντας στην αφίδα να συνδεθεί με κοντό καλώδιο με τον ενισχυτή. Αυτό αποτρέπει ενόχληση 50-60Hz. Για τους εξωγενείς θορύβους συνιστάται κλωβός Faraday. Η ρυθμιζόμενη παροχή συνεχούς δυναμικού στο φυτό V_s βρίσκεται σε ένα δεύτερο κουτί (τοποθετημένο στη βάση του κλωβού) που συνδέεται με το πρώτο. Στην αφίδα προσαρτάται ένα λεπτό εύκαμπτο σύρμα (E1 ηλεκτρόδιο) ώστε να επιτρέπει όσες περισσότερες κινήσεις είναι δυνατό. Συνήθως χρησιμοποιείται σύρμα χρυσού, μήκους 2-3cm, το οποίο κολλάται με μια μικρή σταγόνα μίγματος κόλλας και ασημιού στην αφίδα που βρίσκεται ακινητοποιημένη υπό πίεση κάτω από ένα στερεοσκόπιο. Το άλλο ηλεκτρόδιο (E2) είναι μεταλλική βέργα η οποία τοποθετείται στο έδαφος της γλάστρας. Η συσκευή του EPG φαίνεται και ο τρόπος σύνδεσης της αφίδας φαίνονται στην Εικόνα 4 και στην Εικόνα 5.

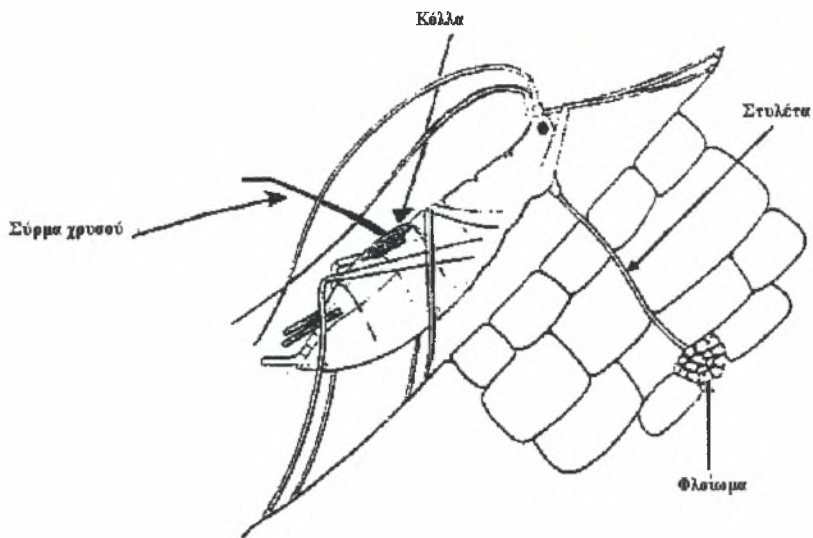


A



B

Εικόνα 4. Συσκευή Ηλεκτρικής Καταγραφής Δραστηριότητας αφίδων (A) και αφίδα συνδεδεμένη με σύρμα χρυσού για την ηλεκτρική καταγραφή δραστηριότητας της διατροφής (EPG) (Scottish Crop Research Institute)

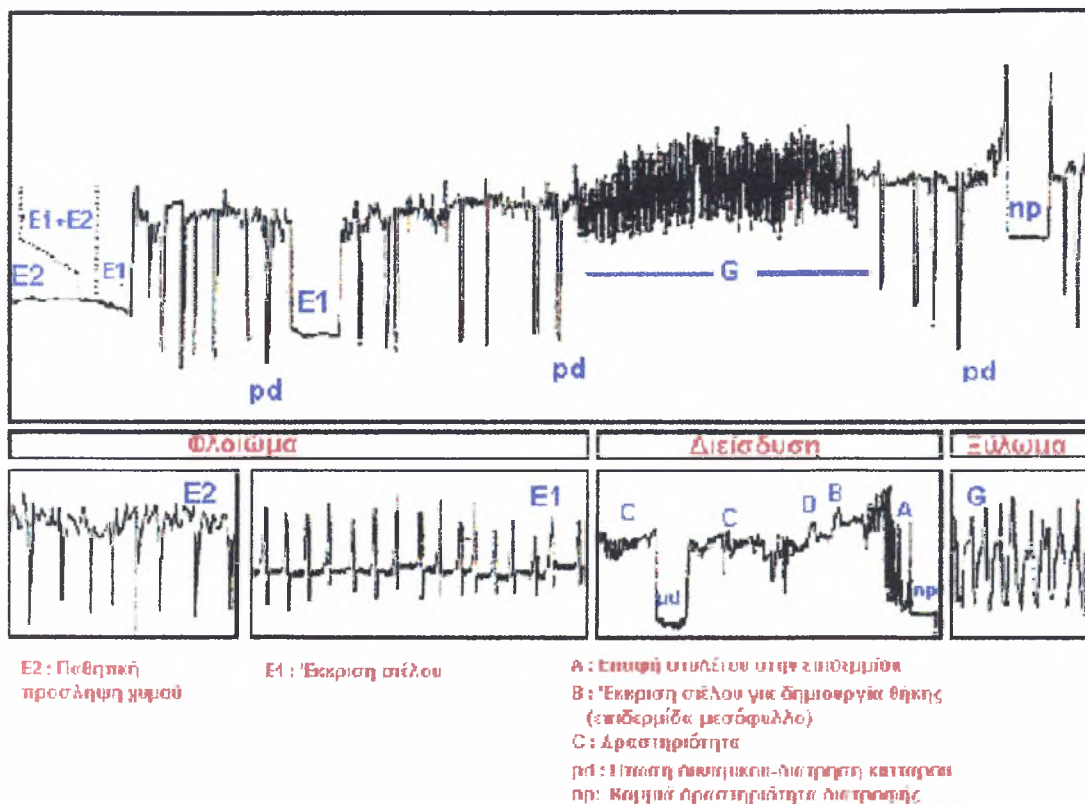


Εικόνα 5. Σχηματική απεικόνιση της δραστηριότητας διατροφής της αφίδας στο φλοίωμα του φυτού καθώς είναι συνδεδεμένη στη συσκευή EPG. (Stephen)

4δ. Πρότυπα EPG και συσχέτιση συμπεριφοράς διατροφής των αφίδων

Οι McLean και Kinsey (1964, 1965, 1967, 1968) περιέγραψαν δύο από τα τέσσερα πρότυπα με ερμηνευτικούς όρους. Με βάση τη θέση της άκρης του ρύγχους αναφέρθηκαν στο ένα πρότυπο ως I (ingestion: λήψη τροφής) και στο άλλο ως S (salivation: έκκριση σιέλου). Δύο ακόμη πρότυπα (X και Ψ) περιγράφηκαν με όρους βασισμένους στο πλάτος και στη συχνότητα των κυμάτων. Αποδείχθηκε ότι κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες το πρότυπο X προηγείται της λήψης τροφής από το φλοίωμα. Ο Tjallingii (1978a) εξέφρασε όλα τα πρότυπα με αλφαβητικούς χαρακτήρες (A-F) με όρους βασισμένους στο πλάτος και στη συχνότητα. Η περιγραφή περιέχει ένα νέο πρότυπο (G) και περικλείει τις πιο πρόσφατες πληροφορίες όπως την ένδειξη του κυρίου ηλεκτρικού συστατικού (emf και R) πρόκλησης του κάθε προτύπου και την έξω ή εσωκυτταρική θέση της άκρης του ρύγχους. Οι κατηγορίες σημάτων του EPG σε κυματομορφές

και η συσχέτιση τους με τη συμπεριφορά διατροφής των αφίδων φαίνονται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2. Κατηγορίες σημάτων σε κυματομορφές και συσχέτισή τους με τη συμπεριφορά διατροφής των αφίδων (Tjallingii 1987)

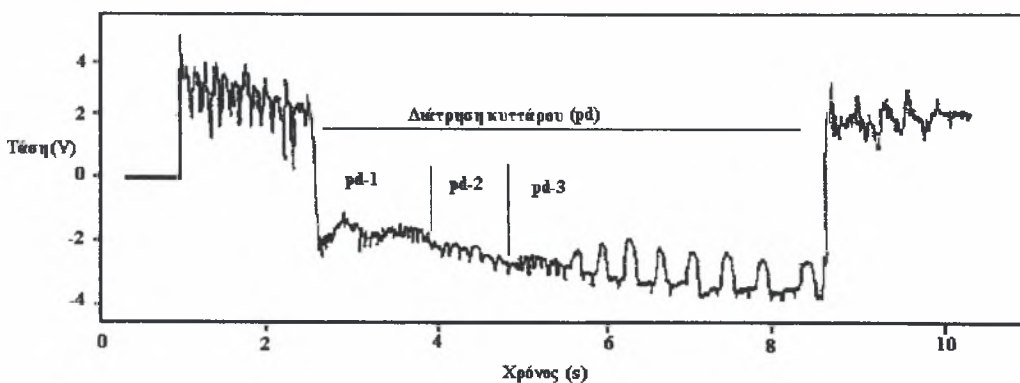
4ε. Περιγραφή των προτύπων του EPG

Το A είναι το πρότυπο που εμφανίζεται πρώτο στο EPG. Η συχνότητα του είναι ακανόνιστη, σε μια κλίμακα από 5 έως 10Hz. Έχει πλάτος ψηλότερο από τα άλλα πρότυπα και διάρκεια μεγαλύτερη από 5-10sec. Είναι αποτέλεσμα της επαφής του στυλέτου στην επιδερμίδα.

Το B πρότυπο ακολουθεί το A. Τα πολύ υψηλά ήπια κύματα B επαναλαμβάνονται σχεδόν κάθε 5sec. Μεταξύ των ήπιων κυμάτων παράγονται μικρότερα κύματα με συχνότητα 4-5Hz. Το πλάτος των κυμάτων B μειώνεται σε λίγα λεπτά και γίνεται σταδιακή μεταφορά από το πρότυπο B στο C. Τα πιο ήπια B κύματα έχουν συνδεθεί με την

έκκριση σταγόνας σιέλου για τη δημιουργία θήκης και τα μικρότερα παρεμβάλλοντα κύματα συμπίπτουν με τις κινήσεις των στυλέτων κατά τη διάρκεια της διείσδυσης.

Το C πρότυπο είναι το πιο πολύπλοκο στο EPG. Θεωρητικά είναι μια συγκέντρωση από διαφορετικά μη αναγνωρισμένα πρότυπα μεταξύ B και D. Έχει συνδεθεί με γενική δραστηριότητα ενώ κατά τη διάρκεια του προτύπου αυτού η άκρη των στυλέτων είναι ανάμεσα στην επιδερμίδα και το φλοιώμα. Η μικρή πτώση δυναμικού (pd) είναι χαρακτηριστικό του προτύπου C. Αυτές οι πτώσεις δυναμικού σχετίζονται με τη διάτρηση των κυττάρων του φυτού από την άκρη των στυλέτων και χωρίζονται σε 3 φάσεις. Έχουν διάρκεια 5-15 sec και παράγονται σε ακανόνιστα διαστήματα. Πιστεύεται ότι τα X κύματα των McLean και Kinsey αντιπροσωπεύουν αυτές τις πτώσεις δυναμικού (Tjallingii 1985). Πρόσφατα μελετήθηκε από τους Martin et al. (1997) ο τρόπος δράσης των στυλέτων σε συνδυασμό με την πρόσληψη και μετάδοση των μη έμμονων ιών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας η πρόσληψη του ιού συμβαίνει κυρίως κατά τη διάρκεια της τρίτης φάσης του pd ενώ η μόλυνση πετυχαίνεται κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης της διάτρησης του κυττάρου (του pd) (Σχήμα 1)



Σχήμα 1. Κυματομορφή σήματος pd και οι τρεις φάσεις του. (Martin et al. 1997)

Το D πρότυπο αντιπροσωπεύει μια ομάδα προτύπων με μικρό πλάτος κυμάτων. Συνήθως υπάρχει ένα διακριτό σημείο μεταφοράς από το πρότυπο C στο D. Η ένδειξη D πιστεύεται ότι συμπίπτει με το I κύμα των McLean και Kinsey. Τρία διαφορετικά μέλη της ομάδας αυτής έχουν διακριθεί μέχρι τώρα: E, F και G (επίσημως αναφέρονται ως D+E, D+F και D+G).

Στο E πρότυπο οι κορυφές των κυμάτων επαναλαμβάνονται ομοιόμορφα. Κάθε ένα λεπτό υπάρχουν 2 με 3 κορυφές. Αυτές οι κορυφές εκφράζουν έκκριση σιέλου. Θεωρητικά κάθε κορυφή συνδέεται με τη συστολή των μυών του σιελοφόρου αγωγού. Το πρότυπο E μπορεί να συμβαίνει σε δύο διαφορετικά επίπεδα του ηλεκτρικού δυναμικού. Έτσι υπάρχει η μορφή E1 η οποία θεωρείται ως εξωκυτταρική και η μορφή E2 ως ενδοκυτταρική. Διάρκεια της μορφής E2 μεγαλύτερη από 8min έχει συνδεθεί με διείσδυση και παθητική αναρρόφηση χυμού (Mentink et al. 1984, Kimmins and Tjallingii 1985). Μικρότερης διάρκειας E2 υποδεικνύει την θέση της άκρης του ρύγχους σε άλλα κύτταρα, αλλά δεν είναι ξεκάθαρο αν συμβαίνει πρόσληψη χυμού. Το E1 δεν διαφέρει από το E2 μόνο στο επίπεδο δυναμικού αλλά επίσης οι κορυφές του είναι λιγότερο ομαλές.

Το F πρότυπο έχει κύματα με απότομη κοιλότητα σε συχνότητα 11-16Hz. Έχει παρατηρηθεί σε εξωκυτταρικό επίπεδο. Δεν συμβαίνει σε κάθε δραστηριότητα διατροφής και μπορεί να διαρκέσει μέχρι και 1h. Παρότι οι άκρες των στυλέτων έχουν βρεθεί πολύ κοντά στο φλοιώμα (Mentink et al. 1984) δεν έχει παρατηρηθεί μεταφορά στο πρότυπο E2. Θεωρητικά η μορφή των κυμάτων αντιπροσωπεύει μηχανική δραστηριότητα των στυλέτων στους μεσοκυττάριους χώρους και τα κυτταρικά τοιχώματα (Tjallingii 1987).

Το G πρότυπο είναι εξωκυτταρικό και μπορεί να διαρκέσει 1h το μέγιστο. Υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις ότι αντιπροσωπεύει εισαγωγή των στυλέτων στο ξύλωμα (Tjallingii 1987).

Είναι αναγκαίο περισσότερα πρότυπα να εξακριβωθούν ως μέλη της D ομάδας ιδιαίτερα στη περίπτωση των πολύπλοκων και πολυσυνδυασμένων σημάτων.

Όταν η αφίδα δεν παρουσιάζει καμία διατροφική δραστηριότητα τότε δεν καταγράφονται κύματα καμιάς μορφής προτύπου παρά μόνο μια ευθεία γραμμή, αφού στην πραγματικότητα το κύκλωμα δεν κλείνει. Τη φάση αυτή την ονομάζουμε nr (no penetration).

Τα ηλεκτρικά σήματα αναλύονται με H/Y. Οι κύριες τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι η ανάλυση Fourier και η ανάλυση μεγέθους ιστογραμμάτων. Βασικά αυτές οι τεχνικές βασίζονται σε ανάλυση του πλάτους και της συχνότητας. Τα πρότυπα του EPG όχι μόνο διαφέρουν μεταξύ των ειδών των αφίδων αλλά και μεταξύ των ατόμων του είδους. Η αναγνώριση δε των προτύπων αυτών απαιτεί εξοικείωση και πείρα.

Το EPG είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την μελέτη της συμπεριφοράς διατροφής των αφίδων και για τη συσχέτιση της συμπεριφορά αυτής με την ικανότητα της αφίδας να μεταδίδει ή όχι ιούς, με τον τρόπο μετάδοσης των ιών, με την σχέση αλληλεπίδρασης του φυτού με την αφίδα και με τους μηχανισμούς ανθεκτικότητας. Έτσι με τη χρήση του EPG στα πλαίσια πειραμάτων μπορούμε να συνδέσουμε, την φάση E2, όπου έχουμε παθητική αναρρόφηση χυμού και την φάση E1, όπου έχουμε έκκριση σιέλου καθώς και το χρόνο αυτών των φάσεων, με την πρόσληψη του ιού και την έναρξη μόλυνσης του φυτού από τον ιό. Ακόμη μπορούμε να συσχετίσουμε σύντομα νύγματα για δοκιμές καταλληλότητας της τροφής με την ικανότητα μετάδοσης μη έμμονων ιών και τη μη διατροφική δραστηριότητα (nr) με τη μη προτίμηση και ακαταλληλότητα του φυτού ως τροφή. Επίσης γνωρίζοντας μέσω του EPG τον τρόπο λήψης της τροφής και έκκρισης του σιέλου, τις κινήσεις του ρύγχους, την ευκολία ή δυσκολία της εισόδου των στυλέτων στα επιδερμικά κύτταρα μπορούμε να αποκομίσουμε συμπεράσματα για τη σχέση του φυτού – ξενιστή με την αφίδα, τις αλληλεπιδράσεις αυτών και τους μηχανισμούς ανθεκτικότητας. Συνεπώς αποκτώντας επιπλέον γνώση για τις επιμέρους φάσεις στη διατροφή των αφίδων και το ρόλο αυτών των φάσεων στους μηχανισμούς αντίδρασης των φυτών, στις επιπτώσεις που παρατηρούνται στα φυτά, στη μετάδοση ιώσεων είναι δυνατόν να

ληφθούν περισσότερο αποτελεσματικά μέτρα για την αποφυγή ζημιών και την δημιουργία, μέσω της βελτίωσης, φυτών με χαρακτηριστικά μη προσέλκυσης ή εμπόδισης διατροφής των αφίδων.

5. Καταπολέμηση

5α. Μέτρα καταπολέμησης

Ο φυσικός περιορισμός δεν είναι πάντοτε αρκετός για να περιορίσει τα έντομα σε τέτοιο βαθμό ώστε η ζημιά που προκαλούν να μην ξεπερνά την οικονομική ουδό. Για αυτό λαμβάνονται μέτρα εναντίον αυτών. Η λήψη μέτρων αποτελεί την καταπολέμηση. Καταπολέμηση λοιπόν είναι η με την παρέμβαση του ανθρώπου μείωση του πληθυσμού ενός εντόμου ή των ζημιών που προκαλεί και τα μέτρα που παίρνει ο άνθρωπος για τον σκοπό αυτό. Η καταπολέμηση των εντόμων δεν είναι κάτι απλό όταν αντιμετωπίζονται με τρόπο ορθολογικό, με επεμβάσεις δηλαδή κατάλληλες και προσαρμοσμένες στις απαιτήσεις της κάθε περίπτωσης. Πολλοί δε είναι οι παράγοντες που πρέπει να εξετάζονται και να λαμβάνονται υπόψη κατά τον προγραμματισμό και την εκτέλεση μιας καλώς εννοούμενης καταπολέμησης. Ανάμεσα σ' αυτούς ενδιαφέρον παρουσιάζει το κόστος της καταπολέμησης, το οποίο θα πρέπει να είναι σε ένα επίπεδο και να μην ξεπερνά το κόστος της ζημιάς, που θα προκαλούσε το έντομο. Θα πρέπει δηλαδή να είναι χαμηλό ώστε να συμφέρει η καταπολέμηση. Άμεση σχέση με το κόστος καταπολέμησης έχει το όριο ανεκτής πυκνότητας του πληθυσμού του εντόμου, της πυκνότητας δηλαδή πάνω από την οποία η ζημιά που προκαλείται είναι τέτοια, που επιβάλλεται η λήψη μέτρων καταπολέμησης (και το έντομο μπορεί να χαρακτηριστεί ως σοβαρός εχθρός για την παραγωγή). Είναι δηλαδή η ελάχιστη πυκνότητα πληθυσμού που προκαλεί οικονομική ζημιά, δηλαδή ποσότητα βλάβης που δικαιολογεί την καταπολέμηση.

Οι μέθοδοι και τα μέτρα καταπολέμησης που χρησιμοποιούνται είναι: 1) η χημική μέθοδος καταπολέμησης που επιτυγχάνεται με χημικά μέσα όπως εντομοκτόνα και ουσίες στερωτικές, ανασχετικές της ανάπτυξης και ορμονικής δράσης, 2) οι βιολογικές μέθοδοι καταπολέμησης με τη χρήση φυσικών εχθρών του εντόμου όπως εντομοφάγα έντομα, εντομοπαθογόνα βακτήρια και ιοί και γενετικά

ελαττωματικά άτομα του βλαβερού είδους, 3) τα καλλιεργητικά μέσα, όπως αμειψισπορά, χρήση ανθεκτικών φυτών κ.α., 4) τα μηχανικά μέσα, όπως παγίδευση κ.α, 5) τα κρατικά μέτρα, μέτρα που νομοθετούνται, χρηματοδοτούνται, επιβάλλονται ή και εκτελούνται από το κράτος λόγω της σημασίας τους για το σύνολο ή λόγω της φύσης τους και 6) η ολοκληρωμένη καταπολέμηση με σκοπό τη μείωση των δυσμενών επιδράσεων άλλων μεθόδων, ιδιαίτερα της χημικής, την παραγωγή προϊόντων χωρίς τοξικά υπολείμματα και την ελάχιστη βλάβη των βιοτικών και μη συνιστωσών του αγροοικοσυστήματος, συνδυάζοντας γι' αυτό το σκοπό, δύο ή περισσότερες μεθόδους και μέτρα καταπολέμησης.

5β. Χημική μέθοδος καταπολέμησης

Η χημική καταπολέμηση είναι σήμερα η πιο διαδεδομένη μέθοδος καταπολέμησης των εντόμων και με την πρόοδο της συνθετικής χημείας και βιοχημείας θα εξακολουθεί να είναι. Η χρήση της όμως θα πρέπει να είναι ορθολογιστική ώστε η αρνητική επίδραση στο περιβάλλον να είναι η ελάχιστη δυνατή. Στη χημική καταπολέμηση κυρίως χρησιμοποιούνται εντομοκτόνα, δηλαδή φυσικές και συνθετικές χημικές ουσίες οι οποίες αυτούσιες ή σε μίγμα προκαλούν με την τοξική τους δράση την θανάτωση των εντόμων. Τα εντομοκτόνα έχουν το καθένα τις ιδιότητές τους γι' αυτό ομαδοποιούνται σε κατηγορίες με παρόμοιες ιδιότητες, τρόπο δράσης και χρήσης.

5β1. Ορυκτέλαια

Τα ορυκτέλαια είναι μια ομάδα εντομοκτόνων που είναι γνωστά διεθνώς και ως 'έλαια ψεκασμών'. Είναι κλάσματα πετρελαίου και ποικίλουν ως προς την περιεκτικότητά τους σε κορεσμένους υδρογονάνθρακες. Έτσι η αποτελεσματικότητα και η φυτοτοξικότητά τους ποικίλλει με τον τύπο του κάθε ελαίου.

Τα ορυκτέλαια είναι εντομοκτόνα και ακαρεοκτόνα επαφής. Καταπολεμούν ακάρεα, κοκκοειδή και μικρόσωμα Ημίπτερα. Διαποτίζουν το δερμάτιο των εντόμων με αποτέλεσμα, στα μικρόσωμα

έντομα κυρίως, να επηρεάζουν την απώλεια νερού από αυτό. Ο διαποτισμός του δερματίου αλλοιώνει επίσης τη δυνατότητα κίνησης των μικρών εντόμων, των οποίων τα άκρα δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν τις ισχυρές δυνάμεις επιφανειακής τάσης. Συχνά συνδυάζονται με άλλα γεωργικά φάρμακα για την καλύτερη καταπολέμηση του είδους ή περισσότερων του ενός ειδών. Με την προσθήκη ορυκτελαίου σε ένα ψεκαστικό υγρό άλλου εντομοκτόνου, μειώνεται η επιφανειακή τάση και αυξάνεται η διεισδυτικότητα του σε ρωγμές του φλοιού, σε προστατευτικά καλύμματα. Επίσης μπορεί να αυξήσει την υπολειμματική διάρκεια του εντομοκτόνου.

Ένα ποσοστό του ελαίου (που αποτίθεται στο φύλλωμα) μπαίνει βαθμιαία στα φύλλα και όταν είναι συνεχές δημιουργεί υδατώδεις κηλίδες και προκαλεί φυτοτοξικότητα. Γι'αυτό θα πρέπει η ποσότητα που χρησιμοποιείται να είναι η απαιτούμενη. Γενικά θεωρούνται σχετικά ακίνδυνα για τον άνθρωπο και τα ζώα και δεν έχουν καθοριστεί ανεκτά όρια υπολειμμάτων τους σε καμία χώρα.

Εργαστηριακές έρευνες και μελέτες στον αγρό έχουν δείξει ότι η χρήση ορυκτελαίων ψεκασμού στα φυτά μειώνουν τη μετάδοση των μη έμμενων ιών από τις αφίδες (Bradley et al. 1962, 1966, Vandervecken, 1977, Simons & Zitter 1980). Η μείωση της μετάδοσης των ιών επιτυγχάνεται όταν το έλαιο έρχεται σε επαφή με τα στοματικά μόρια της αφίδας πριν την απόκτηση του ιού. Ακόμη και η σύντομη χειλική επαφή με το έλαιο μπορεί να είναι αποτελεσματική (Bradley 1963, Simons et al. 1977, Powell 1992). Η προστασία των φυτών λοιπόν εξαρτάται από την κάλυψη του φυτού με το ορυκτέλαιο και την πιθανότητα να συναντήσει η αφίδα το έλαιο πριν την εισαγωγή των στυλέτων ή ακόμη και πριν τη διατροφή της στο φύλλο.

Παρότι η χρήση ορυκτελαίων ψεκασμού στις καλλιέργειες είναι μια αποτελεσματική μέθοδος ελέγχου των μη έμμενων ιών (Loebenstein et al. 1966, Nitzany 1966, Lowery et al. 1990), ακόμη ο μηχανισμός δράσης τους παραμένει ασαφής. Τα έλαια δρουν, απωθώντας την επαφή του ιού με τα στοματικά μόρια της αφίδας. Δρουν επηρεάζοντας δηλαδή τον ιό και το φορέα. Είναι όμως δύσκολο να υπολογισθεί

χωριστά η επίδραση του ελαίου στην απώθηση του μη έμμονου ιού. Η μείωση της μετάδοσης των ιών φαίνεται να είναι ανεξάρτητη από την δομή του ιού (Vandervecken 1977).

Έχει αναφερθεί επίσης ότι τα έλαια επηρεάζουν τον τρόπο διείσδυσης των στυλέτων. Πιθανώς να επεμβαίνουν στις αισθητήριες δομές των χειλέων της αφίδας και των στυλέτων (Harris 1977, 1983). Καθυστέρηση στην πρώτη διείσδυση των στυλέτων σε φύλλα ψεκασμένα με έλαιο έχει αναφερθεί από τους Wyman (1971), Simons et al. (1977), ενώ άλλοι ερευνητές δεν διαπίστωσαν επίδραση των ελαίων στην αλλαγή συμπεριφοράς διατροφής της αφίδας (Brandley 1963, Peters & Lebbink 1973, Vandervecken 1968). Πιθανώς τα έλαια να αλλάζουν τη δράση των στυλέτων όταν αυτά διατρύπουν τα επιδερμικά κύτταρα. Οι αφίδες προσλαμβάνουν και μεταδίδουν τους μη έμμοτους ιούς όταν τα στυλέτα τους διατρύπουν τις μεμβράνες των κυττάρων της επιδερμίδας των φύλλων. Ίσως λοιπόν το έλαιο να διαφοροποιεί τη δράση των στυλέτων αφού περάσουν την επιφάνεια του φυτού και κατ'αυτό το τρόπο μειώνεται η μετάδοση των ιών.

5β2. imidacloprid

Μια άλλη ομάδα εντομοκτόνων είναι οι χλωρο-νικοτυλο-νιτρογουανιδίνες με κυριότερο αντιπρόσωπο το imidacloprid. Το imidacloprid είναι εντομοκτόνο επαφής και στομάχου. Χρησιμοποιείται σε ψεκασμούς φυλλώματος για την καταπολέμηση αφίδων σε καπνό, βαμβάκι, οπωροφόρα και για επένδυση του σπόρου. Παρεμβαίνει στη μεταφορά του νευρικού παλμού, πιθανώς στο δέκτη της ακετυλοχολίνης. Η ακετυλοχολίνη είναι η κύρια ουσία που διαβιβάζει το νευρικό παλμό από τα κέντρα λήψης στα κέντρα ενέργειας, μέσω του νευράξονα. Ρυθμίζεται ποσοτικά από την ακετυλοχολινεστεράση η οποία είναι ένα ειδικό ένζυμο που βρίσκεται σε αφθονία στο νευρικό ιστό και συμμετέχει ενεργά ως ρυθμιστικός παράγοντας στο μηχανισμό μεταβίβασης του ερεθίσματος. Η ακετυλοχολίνη ενεργοποιείται και απελευθερώνεται κατά τη διέλευση του ερεθίσματος μέσω του νευράξονα. Δρώντας το imidacloprid στο

δέκτη της ακετυλοχολίνης έχει ως αποτέλεσμα την υπέρμετρη συγκέντρωση αυτής στο φλοιό του εγκεφάλου, σε όλα τα νευρικά γαγγλία, στους σκελετικούς μύες και την εκδήλωση συμπτωμάτων λόγω αποσυντονισμού του νευρικού συστήματος που τελικά καταλήγουν στο θάνατο.

5γ. Προσδιορισμός τοξικότητας - Θανατηφόρες δόσεις εντομοκτόνων

Όταν μια ποσότητα εντομοκτόνου δοθεί σε ένα πληθυσμό εντόμων, τότε διαπιστώνεται ή όχι κάποιο αποτέλεσμα, κάποιο σύμπτωμα. Όσο αυξάνει η ποσότητα τόσο αυξάνονται σε μέγεθος και αριθμό τα συμπτώματα, ώσπου τελικά τα έντομα πεθαίνουν. Για να προσδιορισθεί η τοξικότητα ενός εντομοκτόνου, η ικανότητά του δηλαδή να προκαλέσει βλάβη σε έντομα, λαμβάνονται υπόψη συμπτώματα όπως η παράλυση και ο θάνατος. Αν με ορισμένη δόση εντομοκτόνου ουσίας πεθαίνουν μόνο λίγα άτομα ενός πληθυσμού, όσο περισσότερο αυξηθεί η δόση, τόσο περισσότερα έντομα θα πεθάνουν, ώσπου θα πεθάνουν όλα. Για να βρεθούν οι θανατηφόρες δόσεις κατασκευάζονται καμπύλες δόσης-θνησιμότητας, βάζοντας στο άξονα Χ την κάθε δόση και στον άξονα Ψ την αντίστοιχη διορθωμένη θνησιμότητα με τον τύπο του Abbot:

$$\Delta\theta\% = \frac{M-E}{M} 100$$

όπου: Δθ: διορθωμένη θνησιμότητα

M: άτομα που επιζούν στο μάρτυρα

E: άτομα που επιζούν σε κάποια δόση εντομοκτόνου

Η καμπύλη είναι κατά κανόνα σιγμοειδής και ασύμμετρη. Μπορεί να γίνει συμμετρική αν η κλίμακα των δόσεων (άξονας χ) γίνει λογαριθμική και στη συνέχεια η καμπύλη γίνεται ευθεία αν η κλίμακα της διορθωμένης θνησιμότητας (άξονας ψ) μετατραπεί σε κλίμακα μονάδων probits. Κάθε μονάδα probit αντιστοιχεί με ποσοστά θνησιμότητας του πληθυσμού π.χ. το 5 αντιστοιχεί σε θνησιμότητα 50%. Η ευθύγραμμη παρουσίαση της καμπύλης διευκολύνει τις διάφορες συγκρίσεις. Επίσης από την καμπύλη μπορεί να προσδιοριστεί

η τοξικότητα ενός εντομοκτόνου και η θανατηφόρος δόση καθώς επίσης ο εθισμός ενός πληθυσμού εντόμων σε ένα εντομοκτόνο.

6. Αφιδομετάδοση

6α. Αφίδες - Φορείς Ιών

Η οικογένεια Aphididae περιέχει 10 υποοικογένειες από τις οποίες η Arhidinae περιέχει είδη αφίδων που είναι φορείς σημαντικών ιών. Περίπου το 66% των 370 ιών με ασπόνδυλους φορείς μεταδίδονται με αφίδες. Τα δεδομένα για τις ομάδες των φορέων είναι ενδεικτικά και συνεχώς μεταβάλλονται. Είκοσι-δύο ιοί που επιδρούν στην οικογένεια Solanaceae μεταδίδονται με είδη αφίδων που δεν υπήρχαν στην πατάτα πριν 400 χρόνια (Eastop 1977). Έτσι ίσως να υπάρχουν πολλοί φορείς που δεν γνωρίζουμε ακόμη.

6β. Τρόποι Αφιδομετάδοσης

Πολλοί όροι έχουν χρησιμοποιηθεί για να περιγράψουν τους τρόπους με τους οποίους οι αφίδες μεταδίδουν τους ιούς και τους ιούς που είναι αφιδομεταδιδόμενοι. Στον Πίνακα 4 δίνονται οι κύριες κατηγορίες των διαφορετικών τύπων σχέσης αφίδων και ιών με βάση τη ταξινόμηση του Harris (1983). Θα πρέπει να γίνουν κάποιες διευκρινίσεις στους όρους : 1) Μολυσματική Ικανότητα είναι η ικανότητα της αφίδας να μεταφέρει τον ιό μέσα σε υγιή φυτά, 2) Η διατροφή πρόσληψης : είναι η διαδικασία διατροφής με την οποία το έντομο αποκτά τον ιό από ένα μολυσμένο φυτό, 3) Η διατροφή μόλυνσης είναι η διατροφή κατά την διάρκεια της οποίας ο ιός μεταφέρεται μέσα στο υγιές φυτό, 4) Η λανθάνουσα περίοδος είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να επωαστεί ο ιός μέσα στο σώμα της αφίδας και κατ' αυτό το έντομο δεν μπορεί να μεταδώσει τον ιό.



Πίνακας 4. Κατηγορίες που περιγράφουν την Αφίδο-Μετάδοση και τους Μεταδιδόμενους Ιούς (Mathews 1991)

ΕΜΜΟΝΟΙ		
i. Ο ιός αποκτάται μέσω του τροφικού αγωγού		
ii. Τη διατροφή πρόσληψης ακολουθεί λανθάνουσα περίοδος		
iii. Η διατροφή μόλυνσης περιέχει έκχυση του ιού με το σιέλο μέσω του σιελοφόρου αγωγού		
ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΩΝ ΕΜΜΟΝΩΝ		
<u>Αναπαραγόμενοι</u>	<u>Μη αναπαραγόμενοι</u>	
Ο ιός πολλαπλασιάζεται μέσα στο έντομο	Ο ιός δεν μπορεί να αντιγραφεί μέσα στο έντομο	
FOREGUT - BORN (δεν κυκλοφορεί ο ιός μέσα στο σώμα του φορέα)		
i. Δεν υπάρχει λανθάνουσα περίοδος		
ii. Δεν υπάρχουν στοιχεία του ιού στο αίμα και στο σιέλο		
ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΩΝ FOREGUT BORNE		
	<u>Μη - έμμονοι</u>	<u>Ημι - έμμονοι</u>
i. Μέσος χρόνος διατήρησης του ιού	Λίγα λεπτά	Ωρες
ii. Επίδραση νηστείας πριν τη διατροφή πρόσληψης	Αυξάνει την ικανότητα μολιάσματος	Καμία επίδραση
iii. Χρόνος για την πρόσληψη και την έναρξη πρόσληψης	Δευτερόλεπτα	Μερικά λεπτά
iv. Επίδραση συνεχόμενης διατροφής πρόσληψης	Νύγματα πρόσληψης > 1λεπτό οδηγούν σε πτώση της μετάδοσης	Η ικανότητα μόλυνσης αυξάνει για μερικές ώρες
v. Επίδραση μακράς διατροφής πρόσληψης	Σπάνια ικανότητα μόλυνσης μετά από μακρά διατροφή	Καμία επίδραση
vi. Επίδραση νηστείας συγκρινόμενη με την διατροφή	Νηστευμένες αφίδες έχουν μεγαλύτερη ικανότητα μόλυνσης απ'ότι αυτές που διατράφηκαν	Η ικανότητα μόλυνσης δεν επηρεάζεται από τη νηστεία ή τη διατροφή

6γ. Μη έμμονη μετάδοση

Η μη έμμονη μετάδοση ιών με αφίδες παίζει σημαντικό ρόλο στον αγρό στην μετάδοση πολλών σημαντικών οικονομικά ιών. Από του 250 γνωστούς foregut-borne ιούς οι περισσότεροι είναι μη έμμονοι. Οι ομάδες των ιών που μεταδίδονται με μη έμμονο τρόπο είναι Poty-ιοί, Carla-ιοί, Caulimo-ιοί, Cucumo-ιοί, Alfalfa mosaic ιοί και faba-ιοί. Αυτές οι ομάδες περιέχουν ελικοειδείς και ισομετρικούς ιούς, DNA και RNA ιούς (Mathews 1991) Η ομάδα των poty-ιών περιέχει πολύ σημαντικούς ιούς. Σ'αυτή την ομάδα ανήκει και ο ιός του κίτρινου μωσαϊκού της κοινής κολοκυθιάς (Zucchini Yellow Mosaic Virus, ZYMV) ο οποίος μεταδίδεται με 10 τουλάχιστον είδη αφίδων μεταξύ των οποίων και η *Aphis gossypii*. Ενώ αποτελέσματα πρόσφατων εργασιών έδειξαν ως νέους φορείς του παραπάνω ιού πλέον των 12 ειδών αφίδων, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται είδη που παρουσιάζουν μεγάλους πληθυσμούς κατά την διάρκεια του έτους όπως τα είδη: *Therioaphis trifolii*, *Hyalopterus pruni* group. (Ι. Τσιτσιπής, Ν.Κατής, Ε. Παναγιωτάκη, Α. Παπαναγιώτου αδημοσίευτα στοιχεία)

Τρόπος πρόσληψης-μετάδοσης και διατήρησης: Όταν οι αφίδες φτάνουν στο φύλλο κάνουν σύντομα νύγματα (συνήθως σε λιγότερο χρόνο από 30sec). Αυτά τα νύγματα είναι για να δοκιμάσουν την καταλληλότητα του φύλλου ως πηγή τροφής (νύγματα δοκιμασίας, probing). Πειράματα δείχνουν ότι τα στυλέτα εισάγονται στα επιδερμικά κύτταρα κατά τη διάρκεια του νύγματος. Αυτή η συμπεριφορά διατροφής ευνοεί την πρόσληψη και τη μετάδοση μη έμμονων ιών.

Η προσρόφηση χυμού από μολυσμένα με ιό φυτά μολύνει την άκρη του ρύγχους, τον τροφικό αγωγό. Εκεί συγκρατείται ο ιός και θα μεταδοθεί σε υγιές φυτό όταν η αφίδα θα σταθεί σε αυτό και θα δοκιμάσει την καταλληλότητά του με νύγμα.

Οι αφίδες μπορούν να προσλάβουν σημαντικές ποσότητες χυμού κατά τη διάρκεια σύντομων νυγμάτων διατροφής (Pirone & Harris 1977) και με την αντλία τους που λειτουργεί προς τις δύο κατευθύνσεις να εισάγουν τον ιό μέσα στο υγιές φυτό.

Χρόνος διατήρησης: Με τους μη έμμονους ιούς οι αφίδες χάνουν την ικανότητά τους να μολύνουν υγιή φυτά ύστερα από χρόνο που εξαρτάται από πολλούς παράγοντες ένας από τους οποίους είναι η θερμοκρασία. Πολλοί μη-έμμονοι ιοί χάνουν τη μολυσματικότητά τους ακόμη και σε μερικά λεπτά (Bradley 1959).

Φυλές των ιών: Διαφορετικές φυλές του ιού μπορεί να διαφέρουν στην ικανότητά τους να μεταδίδονται με το ίδιο είδος αφίδας. Ακόμη μερικές φυλές μπορεί να μη μεταδίδονται με αφίδες καθόλου. Διαφορετικές φυλές του ίδιου μη έμμονου ιού δεν επηρεάζουν τη μετάδοσή του όπως συμβαίνει στους έμμονους παραγόμενους ιούς. Οι Castillo και Orlob (1966) σε πειράματα με 2 φυλές του CMV και 2 του AMV βρήκαν ότι κάθε φυλή προσλαμβάνεται ανεξάρτητα από τις άλλες.

Είδη αφίδων: Τα είδη των αφίδων διαφέρουν στον αριθμό των διαφορετικών ιών που μπορούν να μεταδώσουν. Από την μία υπάρχουν αφίδες όπως η *Myzus persicae* που μπορούν να μεταδώσουν μεγάλο αριθμό μη έμμονων ιών και από την άλλη αφίδες που μεταδίδουν μόνο ένα συγκεκριμένο ιό. Ακόμη η κατάσταση των αφίδων επηρεάζει τα αποτελέσματα της μετάδοσης. Νέες αποικίες έχουν καλύτερη ικανότητα μετάδοσης ιών απ'ότι γερασμένες αποικίες.

Βοηθητικά Συστατικά: Είναι επίσης γνωστό πως συγκεκριμένοι ιοί μπορούν να μεταδοθούν από τις αφίδες με μη έμμονο τρόπο μόνο όταν άλλος ιός είναι παρών στο φυτό-πηγή. Ο βοηθητικός αυτός παράγοντας είναι ένα ειδικό προϊόν γονιδίου του βοηθητικού ιού. Τέτοιοι παράγοντες βρέθηκαν σε δύο ομάδες ιών τους Potyvirus και τους Caulimovirus. Έρευνα των Pirone and al. (1981) έδειξε ότι ο βοηθητικός παράγοντας ενός potyvirus μπορεί να επιτρέπει ή όχι την αφιδομετάδοση ενός άλλου potyvirus. Οι Thornbury and al. (1985) απομόνωσαν βοηθητικά συστατικά από δύο potyvirus. Η πιο πιθανή επίδραση της βοηθητικής αυτής πρωτεΐνης είναι ότι κάνει πραγματοποιήσιμη την προσάρτηση του ιού σε θέσεις μέσα στην αφίδα με τέτοιο τρόπο που επιτρέπει την μετάδοση του ιού. Αυτή η άποψη ενισχύεται και στηρίζεται μετά από πειράματα των Berger και Pirone

(1986). Ο ZYMV είναι ένας από τους μη – έμμονους ιούς που μεταδίδεται με τη βοήθεια πρωτεΐνης.

Τέλος, η διαδικασία πρόσληψης του ιού και η έναρξη μετάδοσής του μπορεί να διαρκέσει μόνο κάποια δευτερόλεπτα, αρκεί η αφίδα κατά τη διαδικασία διατροφής της να εισάγει τα στυλέτα στα επιδερμικά κύτταρα. Επομένως η μετάδοση ενός μη έμμονου ιού από αφίδες εξαρτάται εκτός από τα ‘γενετικά’ χαρακτηριστικά του ίδιου του ιού και από τη διατροφική συμπεριφορά της αφίδας.

6δ. Ο ιός του κίτρινου μωσαϊκού της κοινής κολοκυθιάς

Ο ιός του κίτρινου μωσαϊκού της κοινής κολοκυθιάς (Zucchini Yellow Mosaic Virus, ZYMV) είναι ένας poty-ιός ο οποίος περιγράφηκε για πρώτη φορά το 1981 στην Β. Ιταλία και Ν. Γαλλία και από τότε έχει βρεθεί στην Ισπανία, Γερμανία, Μαρόκο, Ισραήλ, Λίβανο και Ηνωμένες Πολιτείες (Lecoq et al. 1983, Laseman et al. 1983, Lisa et al. 1981, Pitrat et Lecoq 1984, Percifull et al. 1984). Στην Ελλάδα καταγράφηκε για πρώτη φορά το 1990 σε φυτά κολοκυθιάς και αγγουριάς από τις Κυριακοπούλου και Βαρβέρη (1991). Ο ZYMV γενικά θεωρείται ως μια από τις πιο καταστρεπτικές ασθένειες των κολοκυνθοειδών στον κόσμο (Wang et al. 1991, Lecoq et al. 1991) προκαλώντας σοβαρές ζημιές στην παραγωγή. Στην Καλιφόρνια η μείωση της παραγωγής σε καλλιέργεια πεπονιάς ήταν 40-50% το 1984 (Nameth et al. 1985).

Η μετάδοση του ιού με σπόρο είναι πολύ χαμηλή, 0,047 από σπόρους που είχαν συλλεχθεί από μολυσμένα φυτά, ενώ σε περίπτωση σπορομετάδοσης μεταφέρεται με το κάλυμμα του σπόρου και όχι με το έμβρυο (Schrijnwerkers et al. 1991).

Ο ZYMV μεταδίδεται με μη έμμοно τρόπο από 10 τουλάχιστον είδη αφίδων μεταξύ των οποίων οι : *Acyrtosiphon pisum*, *Acyrtosiphon kondoi*, *Aphis craccivora*, *Aphis middletonii*, *Aphis spireacola*, *Aphis gossypii*, *Lipaphis erysimi*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus persicae*, *Uroleucon ssp.* (Lisa et Lecoq 1984, Adlerz 1987, Castle et al. 1992). Ενώ αποτελέσματα πρόσφατων εργασιών έδειξαν ως νέους φορείς του παραπάνω ιού πλέον των 12 ειδών αφίδων (Ι. Τσιτσιπής, Ν. Κατής, Ε.

Παναγιωτάκη, Α. Παπαναγιώτου αδημοσίευτα στοιχεία). Από τους παραπάνω φορείς η *A. gossypii* αναπτύσσει εύκολα αποικίες σε κολοκυνθοειδή (Blackman and Eastop 1984) με συνέπεια η πιθανότητα να έρθει σε επαφή με τον ιό να είναι αυξημένη σε σχέση με τα είδη φορείς που δεν αποικίζουν τα κολοκυνθοειδή γι' αυτό και αποτελεί φορέα που παίζει σημαντικό ρόλο στην πρωτογενή εξάπλωση του ιού σε περιοχές που καλλιεργούνται κολοκυνθοειδή (Blua et al. 1991).

Η ικανότητα μετάδοσης των rotv ιών με αφίδες είναι τέτοια ώστε πιθανόν ένα τμήμα ή λίγα τμήματα του ιού να είναι αρκετά για να ξεκινήσει η μόλυνση σε ένα καινούργιο ξενιστή γιατί οι αφίδες χρειάζονται να αποκτήσουν όχι περισσότερα από 15-500 σωματίδια του ιού για να είναι ικανές να μεταδώσουν τους rotv-ιούς (Pigone and Thornbury 1988).

Ένα σύνολο πειραμάτων έχει δείξει ότι όταν ο ιός μπει σ' ένα φυτικό ιστό με οποιοδήποτε τρόπο η εξάπλωσή του στο φυτό μπορεί να γίνει α) είτε από κύτταρο σε κύτταρο μέσω των πλασμοδεσμάτων και η διαδικασία αυτή είναι αρκετά αργή, β) είτε μέσω των χυμών των αγγείων, συνήθως μέσα από τον φλοιό, διαδικασία γρήγορη. Το χρονικό διάστημα για να μετακινηθεί η μόλυνση από το μολυσμένο φύλλο στο υπόλοιπο φυτό ποικίλλει και εξαρτάται από τα είδη των ξενιστών και ιών, την ηλικία των ξενιστών, την μεθοδολογία μόλυνσης και τη θερμοκρασία (Mathews 1991). Τα συμπτώματα εκδήλωσης της μόλυνσης από τον ZYMV περιλαμβάνουν αποχρωματισμό των φύλλων, χλωρώσεις, παραμορφώσεις και κατσάρωμα των καρπών (Lisa and Lecoq 1984).

7. Σκοπός της εργασίας

Στη παρούσα εργασία μελετάται η επίδραση του εντομοκτόνου imidacloprid (σε χαμηλή συγκέντρωση-σε μη θανατηφόρο δόση) στη συμπεριφορά διατροφής του είδους *A. gossypii* καθώς και στο ρυθμό παραγωγής των απογόνων.

Μελετάται επίσης η επίδραση του ορυκτελαίου ultrafine 2% στην μετάδοση του ιού του κίτρινου μωσαϊκού της κοινής κολοκυθιάς από την *A. gossypii* και γίνεται προσπάθεια συσχέτισης της επίδρασης του ορυκτέλαιου στην δράση των στυλέτων της αφίδας και γενικότερα στη συμπεριφορά διατροφής της.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Επίδραση του imidacloprid στην αφίδα *A. gossypii* Glover και του ορυκτέλαιου ultrafine στη μετάδοση του ιού του κίτρινου μωσαϊκού της κοινής κολοκυθιάς (ZYMV) από την ίδια αφίδα.

1α. Εισαγωγή

Τα πιο αποτελεσματικά μέσα για τον έλεγχο των αφίδων είναι τα διασυστηματικά οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά εντομοκτόνα. Όμως η χρήση τους έχει δυσμενείς επιδράσεις στους βιοτικούς και μη παράγοντες του περιβάλλοντος. Το imidacloprid είναι ένα νέο διασυστηματικό εντομοκτόνο με χαμηλή τοξικότητα στα θηλαστικά και διαφορετικό τρόπο δράσης από τα συμβατικά εντομοκτόνα (Elbert et al. 1990), το οποίο έχει δώσει πολύ καλά αποτελέσματα στον έλεγχο των αφίδων. Επίσης για τον έλεγχο των αφίδων και των μη έμμονων ιών που μεταδίδουν γίνεται χρήση ορυκτελαίων ψεκασμού τα οποία θεωρούνται ακίνδυνα για τον άνθρωπο και τα ζώα και φιλικά προς το περιβάλλον.

Μετά την εφαρμογή και τη δράση του imidacloprid οι αφίδες εμφανίζουν συμπτώματα όπως οι μη συντονισμένες κινήσεις, παράλυση και τρέμουλο. Πέρα από αυτές τις εμφανείς επιδράσεις στο νευρικό σύστημα των εντόμων ερευνητές έχουν περιγράψει επιδράσεις στη συμπεριφορά διατροφής κυρίως των αφίδων.

Έρευνα του Nauen (1995) έδειξε ότι χαμηλές συγκεντρώσεις του imidacloprid επηρέασαν σημαντικά τη συμπεριφορά διατροφής της *M. persicae* (Sulz.). Πειράματα με το EPG αποκάλυψαν ότι η *M. persicae* διατρεφόμενη με τεχνητές μεμβράνες που περιέχουν imidacloprid έκανε περισσότερα νύγματα πριν φτάσει στο φλοίομα απ'ότι οι αφίδες που διατρέφονταν στο μάρτυρα.

Έρευνα του Woodford (1992) με το EPG για τη συμπεριφορά διατροφής του είδους *M. persicae* σε φύλλα πατάτας ψεκασμένα με imidacloprid σε συγκεντρώσεις των 2,5, 5,0, 25 και 50 ppm έδειξαν ότι οι αφίδες διατρέφονταν για περισσότερο χρόνο, διάρκειας μεγαλύτερης της 1h (καταγραφή 3h), στα φύλλα μάρτυρες, μη ψεκασμένα, με σύντομες μη διατροφικές περιόδους μεταξύ των νυγμάτων ενώ στα ψεκασμένα φύλλα, οι αφίδες είχαν πολλές μικρές περιόδους διατροφής

με μεγάλες περιόδους μη διατροφής και συνολικό χρόνο διατροφής από 36 μέχρι 76min. Όλες οι συγκεντρώσεις του imidacloprid ουσιαστικά μείωναν τη διάρκεια διατροφής στο φλοίωμα.

Οι Woodford και Mann (1992) μελετώντας τη συμπεριφορά διατροφής του είδους *M. persicae* σε φύλλα πατάτας ψεκασμένα με imidacloprid σε συγκεντρώσεις των 2,5, 5,0, και 25ppm έδειξαν ότι οι αφίδες άρχισαν να διατρέφονται πιο γρήγορα και για περισσότερο χρόνο σε μη ψεκασμένα φύλλα ενώ στα ψεκασμένα φύλλα περπατούσαν για περισσότερη ώρα και έκαναν νύγματα πιο συχνά και πιο μικρής διάρκειας. Οι καταγραφές του EPG για τις περισσότερες αφίδες που διατράφηκαν στα μη ψεκασμένα φύλλα έδειξαν μεγάλης διάρκειας διατροφή στο φλοίωμα ενώ αντίθετα για τις αφίδες που διατράφηκαν στα ψεκασμένα φύλλα η διάρκεια διατροφής τους στο φλοίωμα μειωνόταν καθώς αυξάνονταν οι συγκεντρώσεις του imidacloprid.

Μετά την εφαρμογή των ελαίων στα φυτά η μετάδοση των μη έμμονων ιών μειώνεται, ο τρόπος όμως δράσης τους παραμένει ασαφής.

Ερευνα του Powell (1992) έδειξε ότι όταν σε φυτά καπνού εφαρμόζονται ορυκτέλαια ψεκασμού μειώνεται η μετάδοση του ιού Y της πατάτας (PVY) από τη *M. persicae*. Κατά τη διαδικασία του πειράματος οι αφίδες έκαναν ένα μόνο νύγμα σε φυτά μολυσμένα με τον ιό του ZYMV ψεκασμένα με έλαιο ή νερό (μάρτυρας) και στη συνέχεια διατρέφονταν σε υγιή φυτά για την μετάδοση του ιού. Επίσης μελέτη της δράσης των στυλέτων κατά τη διάρκεια διατροφής της αφίδας με το EPG έδειξε ότι αυτή η μείωση δεν οφείλεται σε διαφορές διατροφής μιας και η διάτρηση των κυτταρικών μεμβρανών δεν μειώθηκαν από τη χρήση ελαίων στα φυτά πηγές του ιού και στα υγιή φυτά.

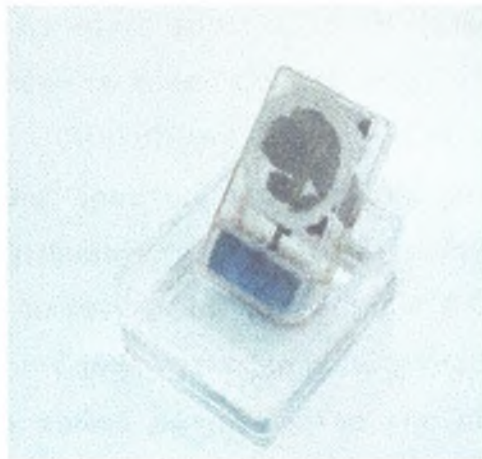
Οι Powell & Hardie (1994) σε πειράματα άφησαν αφίδες (άπτερα ενήλικα *M. persicae*) να κάνουν μόνο ένα νύγμα σε μολυσμένα φυτά καπνού με τον ιό Y της πατάτας (PVY) τα οποία ήταν ψεκασμένα με έλαιο. Στη συνέχεια οι αφίδες μεταφέρονταν σε υγιή φυτά όπου παρέμειναν μια νύχτα για τη διαδικασία της μόλυνσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση ελαίου καθυστέρησε την εισαγωγή

των στυλίων της αφίδας και μείωσε την ικανότητά της να μεταδώσει τον ιό.

1β. Υλικά και Μέθοδοι

Για την πραγματοποίηση της μελέτης χρησιμοποιήθηκε ο κλώνος του είδους *A. gossypii*, ο οποίος συλλέχθηκε στη περιοχή του Βελεστίνου από φυτό βαμβακιού το καλοκαίρι του 1996. Από το δείγμα που συλλέχθηκε ένα παρθενογενετικό θηλυκό τοποθετήθηκε σε ειδικό κουτί εκτροφής αφίδων και από τους απογόνους του δημιουργήθηκε ο κλώνος.

Διατήρηση αποικίας εντόμων: Η κλωνική αποικία διατηρούνταν στο Εργαστήριο Εντομολογίας σε βιοκλιματικό θάλαμο με φωτοπερίοδο L16:D8, θερμοκρασία $19\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ και σχετική υγρασία $50\pm 10\%$. Το ειδικό κουτί εκτροφής με διαστάσεις 7,7cm x 4,5cm x 2cm (Εικόνα 1) είχε στη βάση του κομμάτι με σφουγγάρι το οποίο βρεχόταν με νερό ώστε να διατηρείται το φύλλο και να μην μαραίνεται (Blackman 1971). Σ' αυτό τοποθετούνταν φύλλο της κοινής κολοκυθιάς για τη διατροφή των αφίδων.



Εικόνα 1. Κουτί εκτροφής (Blackman) αφίδων.

Πειραματικά φυτά: Χρησιμοποιήθηκαν φυτά κολοκυθιάς ποικιλίας Jedida. Σπόροι σπάρθηκαν σε δίσκους των 45 θέσεων διαστάσεων 30 cm x 52 cm και παρέμειναν για να φυτρώσουν στο θερμοκήπιο του Εργαστηρίου. Το στάδιο ανάπτυξης του φυτού στο οποίο έγιναν όλα τα πειράματα ήταν αυτό του πρώτου μόνιμου φύλλου. Όταν τα φυτά

έφταναν στο κατάλληλο στάδιο ανάπτυξης μεταφυτεύονταν σε γλαστράκια διαμέτρου 8 cm μια ημέρα πριν από τη χρησιμοποίησή τους στο πείραμα. Το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών ήταν εμπλουτισμένη τύρφη (80% οργανικά στοιχεία : 20% ανόργανα στοιχεία, pH 5,8).

Πηγή του ιού. Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκε απομόνωση του ιού του κίτρινου μωσαϊκού της κοινής κολοκυθιάς (ZYMV : Zucchini Yellow Mosaic Virus) που συλλέχθηκε από φυτό κολοκυθιάς στα Βασιλικά Θεσσαλονίκης. Τα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν ως πηγή μολύσματος μολύνθηκαν με μηχανικό τρόπο ως εξής : φύλλα μολυσμένων φυτών με τον ιό που διατηρούνταν στην κατάψυξη αναμίχθηκαν με ρυθμιστικό φωσφορικό διάλυμα ώστε να δημιουργηθεί ένας παχύρρευστος χυμός. Με αυτό έγινε επάλειψη των φυτών κολοκυθιάς, στο στάδιο των κοτυληδόνων, που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν ως πηγή του ιού, αφού προηγουμένως είχαν επιπασθεί με Carborundum για τη δημιουργία πληγών στις κοτυληδόνες. Δευτερόλεπτα μετά την επάλειψη με μπατονέτα οι κοτυληδόνες ξεπλύθηκαν με νερό. Τα φυτά διατηρούνταν στο θερμοκήπιο, ενώ χρησιμοποιήθηκαν ως πηγές του ιού 13-18 ημέρες μετά τη μόλυνση, όταν δηλαδή εμφάνιζαν τα πρώτα συμπτώματα μόλυνσης.

Εντομοκτόνα - Ορυκτέλαια: Έγινε χρήση του εντομοκτόνου με κοινό όνομα Confidor, δραστική ουσία imidacloprid 200SL (χημικό : 1-[(6-chloro-3-pyridinyl)methyl]-N-nitro-2-imidazolidin-2-ylidenamine; 99-5%) σε χαμηλή συγκέντρωση των 0,5ppm. Για την εύρεση αυτής της μη θανατηφόρου δόσης έγινε βιοδοκιμή κατά την οποία οι αφίδες τοποθετούνταν στο πρώτο μόνιμο φύλλο της κοινής κολοκυθιάς και παρέμειναν εκεί με τη βοήθεια κλωβών φύλλου (clip-cages) (Puterka & Peters 1998). Τα φύλλα ήταν ψεκασμένα με πολλαπλάσιες και υποπολλαπλάσιες συγκεντρώσεις της συνιστώμενης δόσης, για την καταπολέμηση της *A. gossypii*, του imidacloprid καθώς και με νερό (μάρτυρας). Στις 48h μετά την τοποθέτησή τους στο φύλλο γινόταν μέτρηση των ζωντανών και των νεκρών ατόμων. Δεν θεωρούνταν νεκρές οι αφίδες που ήταν πεσμένες από το φύλλο αλλά κουνούσαν με ενόχληση του πινέλου κεραίες και πόδια. Για την αποδοχή των

αποτελεσμάτων της κάθε βιοδοκιμής χρησιμοποιήθηκε το ειδικό πρόγραμμα Probit του στατιστικού πακέτου MSTATC

Το ορυκτέλαιο ψεκασμού που χρησιμοποιήθηκε ήταν το ultrafine, παραφινικό λάδι υψηλής απόσταξης 98% UR (Unsulphonated Residue), (Sunoco, USA). Εφαρμοζόταν σε συγκέντρωση 2% αραιωμένο σε νερό. Το έλαιο ψεκαζόταν στην κάτω και πάνω επιφάνεια του πρώτου μόνιμου φύλλου της κολοκυθιάς με τη βοήθεια ψεκαστήρα ακριβείας. Κάθε φυτό ψεκαζόταν περίπου για 5sec σε απόσταση 30cm. Τα φυτά ψεκάζονταν 24h πριν τη χρήση τους στο πείραμα έτσι ώστε οι σταγόνες του ελαίου να σχηματίσουν μια συνεχή επικάλυψη της επιφάνειας του φύλλου με το έλαιο (Kulps 1969, Gibson et al. 1988).

EPG: Για τη μελέτη της επίδρασης της δραστικής ουσίας imidacloprid καθώς και της επίδρασης του ορυκτελαίου ultrafine στη συμπεριφορά διατροφής της *A. gossypii* και στην ικανότητα μετάδοσης του ιού ZYMV χρησιμοποιήθηκε η συσκευή EPG. Κατά την ανάλυση των σημάτων στον H/Y, αναγνωριζόταν τα σήματα E1: έκκριση σιέλου και E2: παθητική αναρρόφηση χυμού ενώ τα σήματα A, B, C, G και F κατά την αναγνώρισή τους συμβολίζονταν με το σήμα C και υποδήλωνε δραστηριότητα διατροφής της αφίδας. Το σήμα pd χωριζόταν σε 3 φάσεις pd-1, pd-2 και pd-3.

Καταγραφή συμπεριφοράς διατροφής αφίδων: Άπτερα ενήλικα άτομα του είδους *A. gossypii* ηλικίας 10-14 ημερών, από τη γέννησή τους, συνδέονταν στο ηλεκτρόδιο της συσκευής και τοποθετούνταν σε φυτά κολοκυθιάς ψεκασμένα με 0,5ppm imidacloprid ή με νερό (μάρτυρας) και καταγραφόταν η συμπεριφορά διατροφής τους για 4h. Ο ψεκασμός των φυτών γινόταν μια μέρα πριν διατραφούν σε αυτά οι αφίδες. Ενώ άπτερα ενήλικα άτομα, ηλικίας 10-14 ημερών του παραπάνω είδους συνδέθηκαν, μετά από νηστεία 2 ωρών, στο ηλεκτρόδιο της συσκευής και τοποθετήθηκαν για 15 λεπτά σε φυτά κολοκυθιάς μολυσμένα με τον ιό. Έπειτα οι αφίδες τοποθετήθηκαν σε υγιή φυτά ψεκασμένα με έλαιο ultrafine 2% ή με νερό (μάρτυρας) και καταγράφηκε η συμπεριφορά διατροφής τους για 215 λεπτά. Τα φυτά αυτά μετά το πέρας της καταγραφής μεταφέρθηκαν στο θερμοκήπιο

όπου και παρέμειναν για το έλεγχο εκδήλωσης συμπτωμάτων μόλυνσης από τον ιό.

Ρυθμός παραγωγής απογόνων: Για τη μελέτη της επίδρασης του imidacloprid στο ρυθμό παραγωγής απογόνων της *Aphis gossypii* τοποθετήθηκαν αφίδες του είδους στην κάτω επιφάνεια του πρώτου μόνιμου φύλλου της κοινής κολοκυθιάς ενώ η παραμονή τους εκεί εξασφαλίστηκε με την βοήθεια κλωβών φύλλου (clip cages) Puterka & Peters (1998). Συνολικά τοποθετήθηκαν 30 παρθενογενετικά θηλυκά. Την επόμενη ημέρα απομακρύνθηκαν ενώ παρέμειναν οι απόγονοί τους (αφίδες 1^{ης} γενιάς-ένας σε κάθε clip cage). Λίγο πριν την ενηλικίωσή τους οι μισοί απόγονοι (15 στον αριθμό) μεταφέρθηκαν στο πρώτο μόνιμο φύλλο κολοκυθιάς (15 συνολικά φυτά) που ήταν ψεκασμένο, 24h πριν, με imidacloprid 0,5ppm όπου και διατράφηκαν για 48h, ενώ οι υπόλοιποι 15 απόγονοι μεταφέρθηκαν στο πρώτο μόνιμο φύλλο κολοκυθιάς (15 φυτά) που ήταν ψεκασμένο 24h πριν με νερό όπου διατράφηκαν επίσης για 48h (μάρτυρας). Στη συνέχεια ο κάθε απόγονος, η κάθε δηλαδή αφίδα 1^{ης} γενιάς μεταφέρθηκε στο πρώτο φύλλο της κοινής κολοκυθιάς και καταγραφόταν (ανά διήμερο) ο αριθμός των απογόνων της (αφίδες 2^{ης} γενιάς) ενώ συγχρόνως γινόταν απομάκρυνση των απογόνων της.

Συγκεκριμένα για κάθε αφίδα 1^{ης} γενιάς καταγράφηκε ο χρόνος που μεσολάβησε από τη γέννησή της μέχρι τη γέννηση του πρώτου απογόνου της, δηλαδή ο χρόνος ανάπτυξης (Td), επίσης από την ημέρα που γεννήθηκε ο πρώτος απόγονος γινόταν μέτρηση (ανά διήμερο) των απογόνων και ταυτόχρονη απομάκρυνσή τους μέχρι το θάνατο της μητέρας, και τέλος υπολογίστηκε η διάρκεια επιβίωσης της αφίδας της 1^{ης} γενιάς. Από το χρόνο Td και τον αριθμό των απογόνων της αφίδας 1^{ης} γενιάς σε χρονικό διάστημα ίσο με το χρόνο ανάπτυξης (Md) υπολογίστηκε ο ενδογενής ρυθμός αύξησης του πληθυσμού (rm) από τον τύπο $rm = 0,74 * \ln(Md) / Td$ των Wyatt & White (1977).

Τα πειραματικά φυτά σε όλο το διάστημα των παρατηρήσεων διατηρούνταν σε βιοκλιματικό θάλαμο με φωτοπερίοδο L16:D8,

θερμοκρασία $19\pm0,5^{\circ}\text{C}$ και σχετική υγρασία $50\pm10\%$. Στην περίπτωση που κατά τη διάρκεια του πειράματος η θρεπτική κατάσταση του φύλλου δεν κρίνόταν κατάλληλη, η αφίδα μεταφερόταν στο πρώτο μόνιμο φύλλο άλλου φυτού κολοκυθιάς.

Τέλος έγινε στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων με τη μέθοδο ανάλυσης παραλλακτικότητας (One-Way Anova) με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου SPSS.

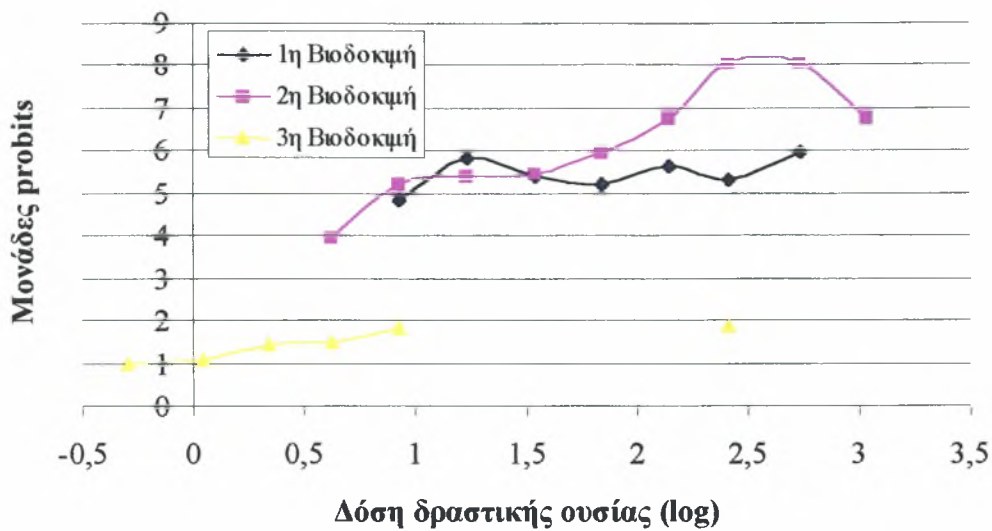
1γ. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της βιοδοκιμής για την εύρεση της μη θανατηφόρου δόσης του imidacloprid φαίνονται στον Πίνακα 1 και στο Διάγραμμα 3. Από τις πολλαπλάσιες και υποπολλαπλάσιες συγκεντρώσεις της συνιστώμενης δόσης(257,5ppm) η χαμηλή συγκέντρωση των 0,5ppm προκαλεί μικρό ποσοστό θνησιμότητας στα ενήλικα άτομα των αφίδων με διορθωμένο δείκτη θνησιμότητας (ΔΘ%) 10% (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Επίδραση συγκέντρωσης imidacloprid στη θνησιμότητα νεαρών άπτερων ενήλικων της *A. gossypii*.

1 ^η Βιοδοκιμή		2 ^η Βιοδοκιμή		3 ^η Βιοδοκιμή	
Δόση σε ppm	Διορθωμένος Δείκτης θνησιμότητας	Δόση σε ppm	Διορθωμένος δείκτης θνησιμότητας	Δόση σε ppm	Διορθωμένος δείκτης θνησιμότητας
εντομοκτό νου	εντομοκτό νου	εντομοκτό νου	εντομοκτό νου	εντομοκτό νου	εντομοκτό νου
8,6	44,2	4,3	15,6	0,5	10
17,2	79,1	8,6	59,4	1,1	12,5
34,4	65,1	17,2	65,6	2,2	27,5
68,9	58,1	34,4	68,8	4,3	30
137,7	74,4	68,9	84,4	8,6	65
257,5	62,7	137,7	96,9	257,5	75
551	83,7	257,5	100		
		551	100		
		1102	96,9		
X ² =14,4		X ² =16,8		X ² =11,7	
Df=5		Df=7		Df=4	
F=0,01		F=0,05		F=0,03	

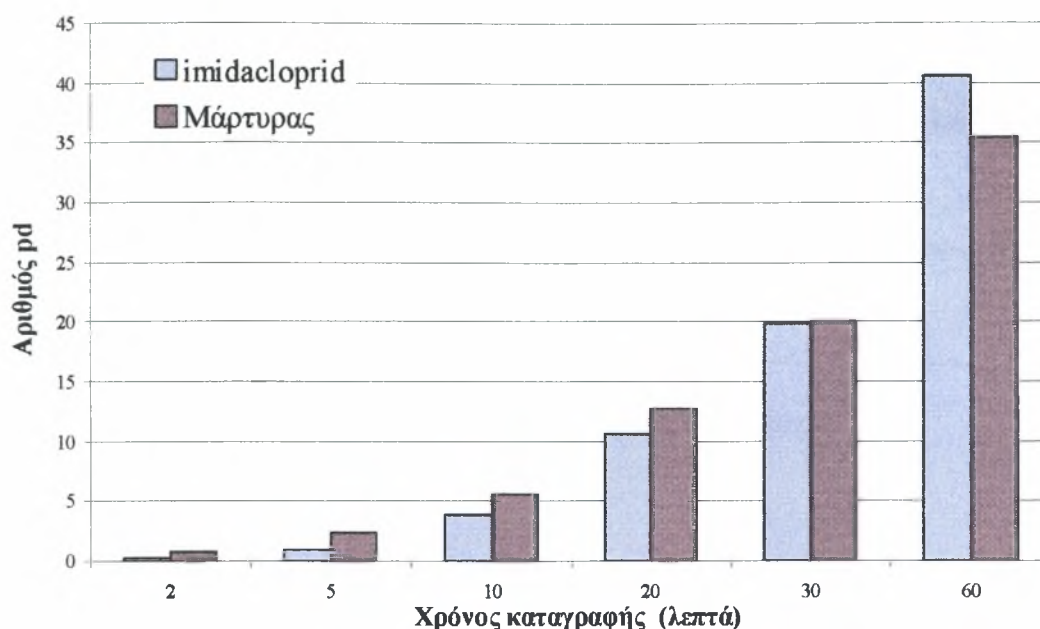
Στο Διάγραμμα 3 φαίνεται η καμπύλη δόσης θνησιμότητας για τις τρεις βιοδοκιμές. Στον άξονα του X είναι ο λογάριθμός της δόσης της δραστικής ουσίας imidacloprid και στον άξονα του Y είναι ο διορθωμένος δείκτης θνησιμότητας που έχει μετατραπεί σε μονάδες probits.



Διάγραμμα 3. Καμπύλη δόσης - θνησιμότητας για τις τρεις βιοδοκιμές

Τα αποτελέσματα του πειράματος μελέτης της επίδρασης χαμηλής συγκέντρωσης του imidacloprid (0,5 ppm) στη διατροφική συμπεριφορά της αφίδας *A. gossypii* σε φυτά κολοκυθιάς φαίνονται στο Διάγραμμα 1 και στους Πίνακες 2 και 3. Βρέθηκε ότι, κατά τη διάρκεια διατροφής των αφίδων για 4h, ο αριθμός των διατρήσεων των κυττάρων, ο αριθμός δηλαδή των rd που έκαναν οι αφίδες στα πρώτα 2 λεπτά ήταν μικρότερος, στα φυτά που ήταν ψεκασμένα με imidacloprid από ότι στο μάρτυρα. Επίσης διαπιστώθηκε ότι για τα επόμενα 5 και 10 πρώτα λεπτά διατροφής τους, ο αριθμός των rd ήταν μεγαλύτερος στο μάρτυρα. Άρα στα 2, 5 και 10 πρώτα λεπτά διατροφής τους οι αφίδες έκαναν λιγότερες διατρήσεις κυττάρων σε ένα φυτό που είχε ψεκασθεί με χαμηλή συγκέντρωση imidacloprid απ' ότι σε ένα φυτό που είχε ψεκασθεί μόνο με νερό.

Στα 20, 30 και 60 πρώτα λεπτά οι αφίδες έκαναν περίπου τον ίδιο αριθμό rd στο μάρτυρα και στα ψεκασμένα φυτά χωρίς στατιστικώς σημαντικές διαφορές (Διάγραμμα1).



Διάγραμμα 1. Αριθμός pd που πραγματοποίησαν άπτερα άτομα του είδους *A. gossypii* όταν διατράφηκαν για 4h, σε φυτά κολοκυθιάς ψεκασμένα με imidacloprid ή νερό.

Αντίστοιχα στις 3 φάσεις διάρκειας της διάτρησης του κυττάρου παρατηρήθηκαν οι ίδιες διαφορές. Δηλαδή στα πρώτα 2 λεπτά διατροφής των αφίδων η διάρκεια (σε δευτερόλεπτα) της φάσης 1 του pd (pd-1) της φάσης 2 (pd-2) και της φάσης 3 (pd-3) ήταν μεγαλύτερη στο μάρτυρα από ότι στα ψεκασμένα φυτά. Η ίδια διαφορά παρατηρήθηκε στα 5 και 10 λεπτά διατροφής των αφίδων. Στα 20, 30 και 60 πρώτα λεπτά διατροφής των αφίδων η διάρκεια (σε δευτερόλεπτα) των επιμέρους φάσεων του pd δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές με την αντίστοιχη διάρκεια των επιμέρους φάσεων του pd στα ψεκασμένα φυτά (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Δραστηριότητα διατροφής άπτερων *A. gossypii* με τη μέθοδο EPG, όταν αυτές διατράφηκαν για 4 ώρες σε φυτά κολοκυθιάς ψεκασμένα με imidacloprid ή νερό (30 επαναλήψεις).

Χρόνος καταγραφής (λεπτά)	Διάρτηση κυττάρου (pd)		
	Φάση 1	Φάση 2 (Διάρκεια σε δευτερόλεπτα)	Φάση 3
2	0,3	0,3	0,6
	1,3a*	0,8a	1,9a
5	1,5	0,9	2,5
	5,6a	3,1a	7,1a
10	5,7	3,4	7,5
	9,6a	5,4a	11,1a
20	16,2	9,3	19,4
	18,7	11,1	20,8
30	30,7	17,6	34,2
	29,1	17,1	30,8
60	62,9	35,4	65,6
	52,2	31,4	53,8

a : Στατιστικώς σημαντικές διαφορές

Imidacloprid	
Μάρτυρας	

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στη διάρκεια έκκρισης σιέλου E1 από τις αφίδες τόσο στα ψεκασμένα φυτά όσο και στο μάρτυρα. Επίσης μη σημαντικές στατιστικώς διαφορές βρέθηκαν και στη διάρκεια της παθητικής αναρρόφησης χυμού E2 από τις αφίδες. Στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν στη μη διατροφική δραστηριότητα των αφίδων (np) όπου οι αφίδες στα ψεκασμένα φυτά με imidacloprid είχαν μεγαλύτερο ποσοστό επί του συνολικού χρόνου διατροφής σε μη διατροφική δραστηριότητα από ότι στο μάρτυρα. Τέλος στον αριθμό των νυγμάτων (probing) διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Οι αφίδες δηλ. πραγματοποίησαν μεγαλύτερο αριθμό νυγμάτων στα ψεκασμένα φυτά σε σχέση με το μάρτυρα (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Αποτελέσματα καταγραφής διατροφικής δραστηριότητας άπτερων *A. gossypii* με τη μέθοδο EPG, όταν αυτές διατράφηκαν για 4 ώρες σε φυτά κολοκυθιάς ψεκασμένα με imidacloprid ή νερό(30 επαναλήψεις).

Έκκριση σιέλου (E1)	Αναρρόφηση χυμού (E2)	Καμία διατροφική δραστηριότητα % του συνολικού χρόνου (np)	Αριθμός νυγμάτων (probing)
(Διάρκεια σε δευτερόλεπτα)			
665,5	5418,7	13,3	8,7
843,3	5143,2	5,5 a	3,9a

a : Στατιστικώς σημαντικές διαφορές

imidacloprid	
Μάρτυρας	

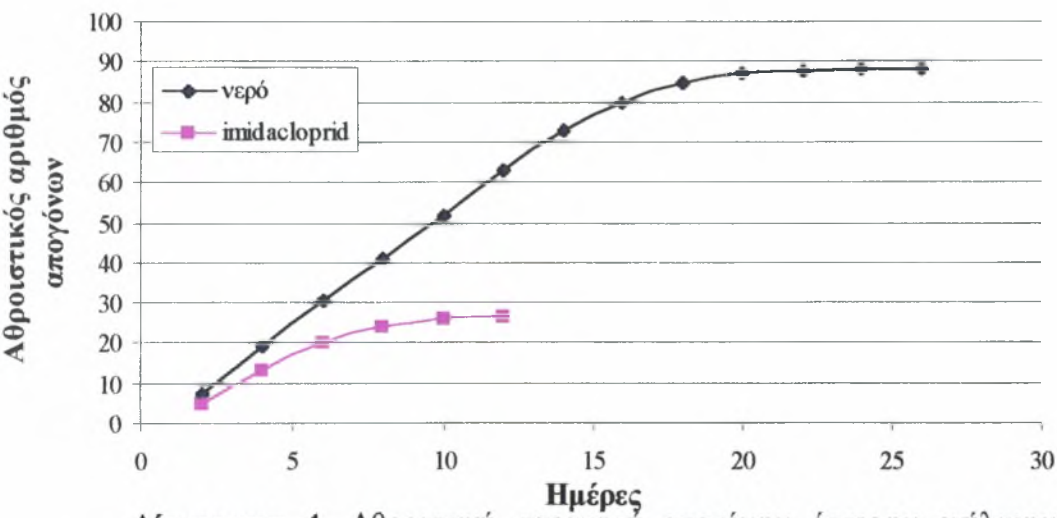
Τα αποτελέσματα του πειράματος μελέτης της επίδρασης χαμηλής συγκέντρωσης imidacloprid (0,5 ppm) στο ρυθμό παραγωγής απογόνων της *A. gossypii* φαίνονται στον Πίνακα 4 και στο Διάγραμμα 4. Βρέθηκε ότι ο συνολικός αριθμός των απογόνων των μητέρων- αφίδων που διατράφηκαν στο imidacloprid για 48h ήταν μικρότερος από τον συνολικό αριθμό απογόνων στο μάρτυρα (μητέρων- αφίδων που διατράφηκαν για 48h στο νερό). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ο αριθμός των ημερών αναπαραγωγής ήταν μικρότερος στη μεταχείριση του imidacloprid από ότι στην μεταχείριση του μάρτυρα. Ακόμη παρατηρήθηκε ότι τα ενήλικα άτομα των αφίδων επιβίωσαν για μικρότερο αριθμό ημερών όταν διατράφηκαν στο imidacloprid από ότι στο μάρτυρα. Τέλος ο ενδογενής ρυθμός αύξησης του πληθυσμού ήταν μικρότερος στην μεταχείριση του imidacloprid από ότι στο μάρτυρα (Πίνακας 4).

Πίνακας 4. Επιβίωση, αναπαραγωγικό δυναμικό και ενδογενής ρυθμός αύξησης (gm) άπτερων *A. gossypii* μετά τη διατροφή της για 48h σε φυτά κολοκυθιάς ψεκασμένα με imidacloprid ή νερό (15 επαναλήψεις).

	Απόγονοι	Ημέρες αναπαραγωγής	Επιβίωση ενηλίκου (ημέρες)	gm ¹
Imidacloprid	26,5	7	17,2	0,2775
Μάρτυρας	87,1α	18,8α	32,5α	0,3529α

α : Στατιστικώς σημαντικές διαφορές
gm¹ : ενδογενής ρυθμός αύξησης του πληθυσμού

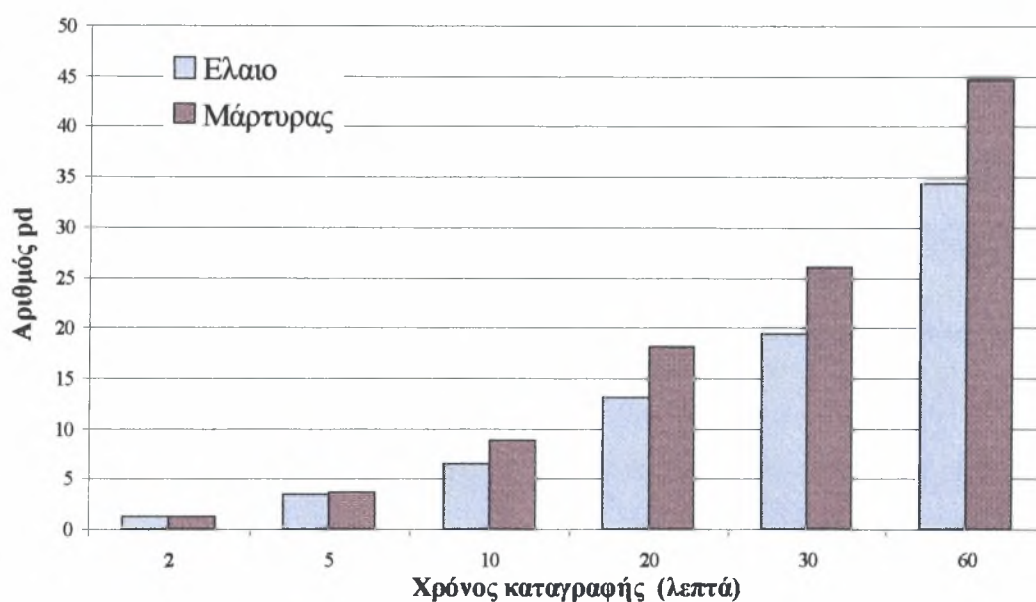
Στο Διάγραμμα 4 φαίνεται η αθροιστική παραγωγή απογόνων άπτερων ενήλικων ατόμων της *A. gossypii* σε φωτοπερίοδο L16:D8 και θερμοκρασία 19 οC σε φυτά κολοκυθιάς ψεκασμένα με 0,5 ppm imidacloprid ή νερό



Διάγραμμα 4. Αθροιστική παραγωγή απογόνων άπτερων ενήλικων ατόμων της *A. gossypii* (σε φωτοπερίοδο L16:D8 και θερμοκρασία 19 °C) σε φυτά κολοκυθιάς ψεκασμένα με χαμηλή δόση imidacloprid ή νερό.

Τα αποτελέσματα του πειράματος μελέτης της επίδρασης του ορυκτέλαιου ultrafine 2% στη διατροφική συμπεριφορά της αφίδας *A.*

gossypii σε φυτά κολοκυθιάς φαίνονται στο Διάγραμμα 2 και στους Πίνακες 5 και 6. Βρέθηκε ότι κατά τη διάρκεια διατροφής των αφίδων για 215 λεπτά ο αριθμός των διατρήσεων των κυττάρων, ο αριθμός δηλαδή των rd που έκαναν οι αφίδες στα πρώτα 2 λεπτά, σε φυτά ψεκασμένα με έλαιο παρουσίασε μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές με τον αριθμό των rd στο μάρτυρα (φυτά ψεκασμένα με νερό). Επίσης διαπιστώθηκε ότι για τα επόμενα 5 και 10 πρώτα λεπτά διατροφής των αφίδων ο αριθμός των rd στα φυτά ψεκασμένα με έλαιο δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές με τον αριθμό των rd στο μάρτυρά. Άρα στα 2, 5 και 10 πρώτα λεπτά διατροφής τους οι αφίδες έκαναν περίπου τον ίδιο αριθμό rd, διαπερνώντας περίπου τον ίδιο αριθμό κυττάρων χωρίς στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε φυτά ψεκασμένα με έλαιο και στο μάρτυρα. Στα 20 πρώτα λεπτά διατροφής τους ο αριθμός των rd που έκαναν οι αφίδες σε φυτά ψεκασμένα με έλαιο ήταν μικρότερος από τον αριθμό των rd στο μάρτυρα. Στα 30 και 60 πρώτα λεπτά η διαφορά αυτή στον αριθμό των rd συνεχίστηκε. Δηλαδή στα φυτά ψεκασμένα με έλαιο οι αφίδες μετά το 20^ο λεπτό διατροφής τους διαπερνούσαν μικρότερο αριθμό κυττάρων από ότι στο μάρτυρα (Διάγραμμα 2).



Διάγραμμα 2. Αριθμός rd που πραγματοποίησαν άπτερα άτομα του είδους *A. gossypii* όταν διατράφηκαν για 215 λεπτά, σε φυτά κολοκυθιάς ψεκασμένα με έλαιο (ultrafine 2%) ή νερό.

Αντίστοιχα στις 3 φάσεις διάρκειας της διάτρησης του κυττάρου, παρατηρήθηκαν οι ίδιες διαφορές. Δηλαδή στα 2, 5 και 10 πρώτα λεπτά διατροφής των αφίδων η διάρκεια (σε δευτερόλεπτα) της φάσης 1 του pd (pd-1), της φάσης 2 (pd-2) και της φάσης 3 (pd-3) στα ψεκασμένα φυτά με έλαιο δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές με την αντίστοιχη διάρκεια των φάσεων του pd στο μάρτυρα. Ενώ στα 20, 30 και 60 πρώτα λεπτά διατροφής των αφίδων η διάρκεια (σε δευτερόλεπτα) των επιμέρους φάσεων του pd είναι μικρότερη στο ψεκασμένο φυτό από ότι στο μάρτυρα (Πίνακας 5).

Πίνακας 5. Διατροφικής δραστηριότητα άπτερων *A. gossypii* με τη μέθοδο EPG, όταν αυτές διατράφηκαν για 215 λεπτά σε φυτά κολοκυθιάς ψεκασμένα με έλαιο (ultrafine 2%) ή νερό (30 επαναλήψεις).

Χρόνος καταγραφής (λεπτά)	Διάτρηση κυττάρου (pd)		
	Φάση 1	Φάση 2	Φάση 3
	(Διάρκεια σε δευτερόλεπτα)		
2	1,7	0,8	2,2
	2,1	1,0	2,3
5	5,1	2,4	5,9
	6,1	3,0	6,8
10	9,9	4,7	11,1
	13,5	6,7	14,8
20	19,4	9,1	20,9
	27,9a*	13,7a	29,5a
30	28,4	13,1	32,3
	40,1a	19,7a	42,4a
60	50,9	23,5	54,4
	69,7a	34,2a	71,9a

a: Στατιστικώς σημαντικές διαφορές

Έλαιο	
Μάρτυρας	

Στη διατροφή των αφίδων κατά την έκκριση σιέλου (E1) παρατηρήθηκαν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές τόσο στα φυτά ψεκασμένα με έλαιο όσο και στο μάρτυρα. Επίσης μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν στη χρονική διάρκεια της

παθητικής αναρρόφησης χυμού από τις αφίδες (E2) στα ψεκασμένα φυτά και στο μάρτυρα. Στατιστικώς σημαντικές διαφορές βρέθηκαν στη μη διατροφική δραστηριότητα των αφίδων (np) όπου οι αφίδες στα ψεκασμένα φυτά είχαν μεγαλύτερο ποσοστό επί του συνολικού χρόνου διατροφής σε μη διατροφική δραστηριότητα από ότι στο μάρτυρα. Τέλος στον αριθμό νυγμάτων διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Οι αφίδες δηλ. στα ψεκασμένα φυτά έκαναν μεγαλύτερο αριθμό νυγμάτων από ότι στο μάρτυρα (Πίνακας 6).

Πίνακας 6. Διατροφική δραστηριότητα άπτερων *A. gossypii* με τη μέθοδο EPG, όταν αυτές διατράφηκαν για 215 λεπτά σε φυτά κολοκυθιάς ψεκασμένα με έλαιο (ultrafine 2%) ή νερό (30 επαναλήψεις).

Έκκριση σιέλου (E1)	Αναρρόφηση χυμού (E2)	Καμία διατροφική δραστηριότητα % του συνολικού χρόνου (np)	Αριθμός νυγμάτων (probing)
(Διάρκεια σε δευτερόλεπτα)			
778,8	4045,6	9,5	8,7
865,6	5509,4	3,6a	4,4a

a : Στατιστικώς σημαντικές διαφορές

Έλαιο	
Μάρτυρας	

Τα αποτελέσματα του πειράματος ελέγχου της μετάδοσης του ιού ZYMV σε υγιή φυτά κολοκυθιάς που είχαν ψεκασθεί με έλαιο ultrafine 2% ή με νερό από αφίδες που είχαν διατραφεί για 15 λεπτά σε μολυσμένα με τον ιό φυτά κολοκυθιάς, για την πρόσληψη του ιού, φαίνονται στον Πίνακα 7. Βρέθηκε ότι το ποσοστό προσβολής του ιού είναι 20,8% στα φυτά που ψεκάσθηκαν με έλαιο ενώ στο μάρτυρα 27,7% (Πίνακας 7).

Πίνακας 7. Ποσοστό προσβολής του ιού ZYMV μετά από επέμβαση με ορυκτέλαιο ultrafine 2%.

	% προσβεβλημένων φυτών
Έλαιο (ultrafine 2%)	20,8
Μάρτυρας	27,7

1δ. Συζήτηση και Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι χαμηλή συγκέντρωση του imidacloprid 0,5ppm επιδρά στη συμπεριφορά διατροφής αφίδων του είδους *A. gossypii* και τη διάρκεια διατροφικής δραστηριότητάς τους. Επίσης στα 10' λεπτά διατροφής τους μείωσε τον αριθμό των διατρήσεων των κυττάρων αλλά μετά τα 20' λεπτά ο αριθμός των pd δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές με το μάρτυρα. Μη επίδραση βρέθηκε και στην έκκριση σιέλου E1 και στην παθητική αναρρόφηση E2. Επηρέασε όμως αρνητικά την επιβίωση των αφίδων, τον αριθμό των απογόνων τους, τις ημέρες αναπαραγωγής και τον ενδογενή ρυθμό αύξησης του πληθυσμού.

Η επίδραση του ελαίου ήταν σημαντική στη συμπεριφορά διατροφής των αφίδων, μειώνοντας τον αριθμό των νυγμάτων και τη διάρκεια διατροφικής δραστηριότητάς τους. Δεν επηρέασε την έκκριση σιέλου E1 και την παθητική αναρρόφηση E2. Επίσης η μικρή μείωση του ποσοστού μόλυνσης από τον ιό των φυτών με έλαιο σε σχέση με το μάρτυρα δεν οφείλεται στον αριθμό των διατρήσεων των κυττάρων αφού στα 10' πρώτα λεπτά διατροφής ο αριθμός των pd δεν μειώθηκε.

Είναι γνωστό ότι η διατροφή των αφίδων επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Ένας από αυτούς είναι οι χημικές ουσίες που βρίσκονται στο φυτό είτε από αντίδραση του φυτού λόγω παρουσίας του εχθρού-αφίδα είτε από την επέμβαση του ανθρώπου, χρήση δηλ. εντομοκτόνων ουσιών. Όταν λοιπόν οι αφίδες διατρέφονταν σε φυτά ψεκασμένα με χαμηλή συγκέντρωση imidacloprid (0,5 ppm) για τα πρώτα 10 λεπτά της διατροφής τους διαπερνούσαν μικρότερο αριθμό κυττάρων, έκαναν δηλ. μικρότερο αριθμό pd, και τα στυλέτα τους βρίσκονταν στους μεσοκυττάρους χώρους, σε αντίθεση με τα φυτά μάρτυρες (ψεκασμένα με νερό) όπου παρατηρήθηκε έντονη δραστηριότητα διάτρησης (μεγαλύτερος αριθμός σε pd). Άρα η παρουσία του imidacloprid στο φυτό επηρεάζει, στα πρώτα 10 λεπτά της διατροφής, τις κινήσεις του ρύγχους της αφίδας και τον αριθμό των κυττάρων που διαπερνά. Στη συνέχεια όμως φαίνεται ότι οι αφίδες δεν

εμποδίζονται από τον χημικό παράγοντα του imidacloprid και αρχίζουν να δοκιμάζουν την ποιότητα του ξενιστή τους, διαπερνώντας τον ίδιο αριθμό κυττάρων όπως και στο μάρτυρα, αφού μετά το 20ο λεπτό διατροφής τους ο αριθμός των rd στο φυτό με το imidacloprid και στο μάρτυρα δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Η κάθε διατήρηση του κυττάρου, το κάθε rd χωρίζεται σε 3 φάσεις. Το imidacloprid μειώνοντας αρχικά τον αριθμό των rd μείωσε και τη συνολική διάρκεια των φάσεων αυτών. Έτσι στα 10 λεπτά διατροφής των αφίδων οι 3 φάσεις του rd διήρκησαν λιγότερο στο φυτό ψεκασμένο με imidacloprid από ότι στο μάρτυρα. Στη συνέχεια όμως αυξανόμένου του αριθμού των rd στο imidacloprid αυξήθηκε και η συνολική διάρκεια των φάσεων ισοροπούμενη με τη διάρκεια των φάσεων του μάρτυρα.

Φτάνοντας τα στυλέτα της αφίδας στο φλοιώμα του φυτού γίνεται έκκριση σιέλου (κύματα μορφής E1) για τη διευκόλυνση της διείσδυσης τους και παθητική αναρρόφηση χυμού (κύματα μορφής E2). Στη συγκεκριμένη συμπεριφορά διατροφής η παρουσία imidacloprid στο φυτό δεν φάνηκε να επηρεάζει ούτε την έκκριση σιέλου ούτε την παθητική απορρόφηση χυμού αφού δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στο E1 και E2 των φυτών που ψεκάσθηκαν με imidacloprid και στο μάρτυρα.

Η παρουσία του imidacloprid στο φυτό φάνηκε όμως να επηρεάζει σύμφωνα και με άλλους ερευνητές τόσο τον αριθμό των σύντομων νυγμάτων (probing) όσο και τη διάρκεια της μη διατροφικής δραστηριότητας (nr) των αφίδων. Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή ο Nauen (1995) σε πειράματά του βρήκε ότι σε φυτά ψεκασμένα με imidacloprid η αφίδα *M.persicae* έκανε περισσότερα νύγματα από ότι στο μάρτυρα και ο Wood (1992) βρήκε ότι σε φυτά ψεκασμένα με imidacloprid η αφίδα *M.persicae* είχε μακρά περίοδο μη διατροφής. Πιθανώς λοιπόν οι αφίδες, κάνοντας τα εξερευνητικά τους νύγματα για να δοκιμάσουν την ποιότητα και καταλληλότητα της τροφής τους λόγω παρουσίας του imidacloprid στα φυτά δεν αναγνωρίζουν χημικά το φυτό-ξενιστή τους, δεν αρέσκονται στην ποιότητα του χυμού που δοκιμάζουν για αυτό και συνεχίζουν να κάνουν πολλά νύγματα

(probing). Έτσι στα φυτά που ψεκάσθηκαν με imidacloprid υπήρχε μεγαλύτερος αριθμός νυγμάτων (probing) από ότι στο μάρτυρα. Πολύ πιθανό είναι λόγω της μη καταλληλότητας της τροφής στα ψεκασμένα φυτά οι αφίδες να διατρέφονται για μικρότερο χρονικό διάστημα από ότι στο μάρτυρα. Για αυτό και στα φυτά ψεκασμένα με imidacloprid υπήρχε μεγαλύτερο ποσοστό μη διατροφικής δραστηριότητας από ότι στο μάρτυρα.

Τέλος σημαντική ήταν η επίδραση χαμηλής συγκέντρωσης του imidacloprid στο ρυθμό παραγωγής των απογόνων της *A. gossypii*. Φάνηκε λοιπόν ότι, όταν ενήλικα άτομα αφίδων διατράφηκαν για 48h σε φυτά ψεκασμένα με imidacloprid, στη συνέχεια μειώθηκε σημαντικά ο αριθμός των ημερών που ζουν, ο αριθμός των ημερών που μπορούν να γεννούν, ο αριθμός των απογόνων που γεννούν καθώς και ο ενδογενής ρυθμός αύξησης του πληθυσμού (rm) σε σχέση με το μάρτυρα (διατροφή σε φυτά ψεκασμένα με νερό). Έτσι το imidacloprid φαίνεται να επηρεάζει αρνητικά την επιβίωση του ενηλίκου, τον αριθμό των απογόνων του, τις ημέρες αναπαραγωγής καθώς και τον ενδογενή ρυθμό αύξησης του πληθυσμού.

Με την εργασία αυτή έγινε μια προσπάθεια να κατανοηθεί η επίδραση χαμηλής συγκέντρωσης imidacloprid στη διατροφή της αφίδας *A.gossypii* και στον ρυθμό παραγωγής των απογόνων. Φάνηκε λοιπόν ότι ακόμη και μη θανατηφόρες δόσεις του συγκεκριμένου εντομοκτόνου είναι ικανές να επιδράσουν αρνητικά στην αναπαραγωγική και διατροφική συμπεριφορά των αφίδων. Έτσι στα πλαίσια της ολοκληρωμένης καταπολέμησης, με στόχο την ορθολογιστική χρήση των χημικών μέσων, ώστε να μειωθούν οι δυσμενείς επιδράσεις στο περιβάλλον, μπορούμε να επεμβαίνουμε με χαμηλότερες συγκεντρώσεις imidacloprid όταν ακόμη ο πληθυσμός των αφίδων είναι σε χαμηλά επίπεδα, καθώς αυτό θα διαταράζει το ρυθμό αύξησης και την διατροφή, μειώνοντας έτσι τις επιδράσεις της προσβολής. Επίσης με τη χρήση χαμηλών συγκεντρώσεων imidacloprid μειώνουμε την πιθανότητα ανάπτυξης ανθεκτικότητας της αφίδας στο συγκεκριμένο εντομοκτόνο όπως είδη έχει συμβεί με πολλά άλλα. Παράλληλα με την χρήση χαμηλών συγκεντρώσεων imidacloprid δεν

έχουμε αρνητική επίδραση στους φυσικούς εχθρούς των αφίδων, με αποτέλεσμα αυτοί να διατηρούν τους πληθυσμούς των αφίδων σε χαμηλό επίπεδο. Οποσδήποτε όλα αυτά βρίσκονται σε μια θεωρητική προσέγγιση θα χρειαστούν και άλλα πειράματα και αποτελέσματα ώστε να μπορεί να αποφανθεί κανείς με ακρίβεια και σαφήνεια για την αποτελεσματικότητα χρήσης χαμηλών συγκεντρώσεων του imidacloprid.

Η επίδραση των ελαίων στην αλλαγή συμπεριφοράς διατροφής της αφίδας δεν έχει εξακριβωθεί. Πιθανώς τα ορυκτέλαια να επιδρούν στο τρόπο διείσδυσης των στυλέτων και διάτρησης των μεμβρανών των κυττάρων της επιδερμίδας του φυτού. Από το πείραμα φάνηκε ότι όταν οι αφίδες διατρέφονταν σε φυτά που ήταν ψεκασμένα με ορυκτέλαιο ultrafine 2%, στα πρώτα 10 λεπτά της διατροφής τους δεν επηρεαζόταν η συμπεριφορά τους ούτε ο αριθμός των κυττάρων που διαπερνούσαν, αφού ο αριθμός των pd δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές με τον αριθμό pd του μάρτυρα (φυτά ψεκασμένα με νερό). Η επίδραση στην διείσδυση των στυλέτων και διάτρηση των κυττάρων φάνηκε να ισχύει μετά τα 20 λεπτά της διατροφής των αφίδων όπου παρατηρήθηκε μείωση του αριθμού των pd σε σχέση με το μάρτυρα.

Για να μεταδοθεί ένας μη έμμονος ιός, όπως είναι ο ZYMV όταν έχει προσληφθεί από την αφίδα θα πρέπει τα στυλέτα της να διατρήσουν ένα κύτταρο και να εισάγουν τον ιό κατά τα πρώτα λεπτά διατροφής της μέσα στα υγιή φυτά. Από τα πειράματα φάνηκε ότι είτε τα υγιή φυτά είναι ψεκασμένα με έλαιο είτε με νερό (μάρτυρας) η μετάδοση του ιού δεν επηρεάζεται αφού η αφίδα διατρήσει το ίδιο αριθμό κυττάρων χωρίς στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Πρόσφατες έρευνες από τους Martin et al. (1997) έδειξαν ότι η μετάδοση του ιού πετυχαίνεται κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης (pd1) της διάτρησης του κυττάρου (pd). Τα αποτελέσματα του πειράματος για τα πρώτα 10 λεπτά της διατροφής των αφίδων, που έχουν σημασία για τη μετάδοση του ιού, έδειξαν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές της διάρκειας της πρώτης φάσης του pd (pd-1) μεταξύ των φυτών που ήταν ψεκασμένα με έλαιο και νερό.

Παρότι λοιπόν το ποσοστό προσβολής των φυτών ήταν λίγο μεγαλύτερο στο μάρτυρα 27,7% από ότι στα λάδια 20,8% αυτό δεν οφείλεται σε αλλαγή συμπεριφορά της αφίδας στο έλαιο αφού ο αριθμός των διατρήσεων των κυττάρων στα πρώτα 10 λεπτά δεν μειώθηκε. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξε και ο Powell (1992) όταν βρήκε ότι η μετάδοση του ιού Υ της πατάτας από την *M. persicae* μειώθηκε με τη χρήση ελαίων, μείωση όμως που δεν οφείλεται σε διαφορές διατροφής, ελέγχοντας την δράση των στυλέτων με το EPG.

Μελετώντας την συμπεριφορά διατροφής φάνηκε ότι η παρουσία ελαίου στο φυτό δεν επηρεάζει ούτε την έκκριση σιέλου από τις αφίδες όταν έφθαναν το φλοίωμα ούτε την παθητική αναρρόφηση χυμού αφού δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στο E1 και E2 των φυτών που ψεκάστηκαν με έλαιο και στο μάρτυρα (νερό). Επηρέασε όμως σημαντικά τον αριθμό των νυγμάτων και τη διάρκεια της μη διατροφικής δραστηριότητας (nr). Λόγω της παρουσίας του ελαίου στην επιφάνεια της επιδερμίδας του φύλλου η εισαγωγή των στυλέτων των αφίδων στο εσωτερικό γίνεται περισσότερες φορές, μεγαλύτερος αριθμός νυγμάτων (probing) από ότι στο μάρτυρα. Επίσης επειδή οι αφίδες δυσκολεύονταν να διατραφούν κανονικά λόγω παρουσίας ελαίου παρατηρήθηκε μεγάλο ποσοστό επί του συνολικού χρόνου διατροφής σε μη διατροφική δραστηριότητα από ότι στο μάρτυρα.

Στην εργασία αυτή έγινε μια προσπάθεια να κατανοηθεί η επίδραση του ελαίου στη διατροφή της αφίδας *A.gossypii* και στην ικανότητα μετάδοσης του ιού του κίτρινου μωσαϊκού της κοινής κολοκυθιάς (ZYMV). Φάνηκε λοιπόν πως όταν οι αφίδες ήδη έχουν προσλάβει τον μη έμμονο ιό (ZYMV) η μετάδοση του, μέσα στα επόμενα λεπτά, στα υγιή φυτά δεν επηρεάζεται από την παρουσία ελαίου. Παρ' όλα αυτά παρουσιάζεται μια μικρή μείωση του ποσοστού προσβολής στα φυτά με έλαιο από ότι στο μάρτυρα. Επίσης φάνηκε πως, καθώς οι αφίδες διατρέφονται σε φυτά ψεκασμένα με έλαιο κατά την πάροδο του χρόνου αρχίζει η παρουσία του ελαίου να επηρεάζει τη συμπεριφορά διατροφής των αφίδων μειώνοντας τον αριθμό

διατρήσεων των κυττάρων μετά τα 20 πρώτα λεπτά, αυξάνοντας τον αριθμό των νυγμάτων και το ποσοστό μη διατροφής τους.

Συμπερασματικά λοιπόν, χαμηλές συγκεντρώσεις του imidacloprid επιδρούν δυσμενώς στην αναπαραγωγική και διατροφική συμπεριφορά των αφίδων καθώς και τα έλαια ενώ φαίνεται να μην επιδρούν στη μετάδοση των ιών, επηρεάζουν όμως αρνητικά τη συμπεριφορά και δραστηριότητα διατροφής των αφίδων. Έτσι με τη χρήση ελαίων και imidacloprid μπορεί να παρατηρηθεί μειωμένη διατροφική δραστηριότητα των αφίδων άρα μειωμένες επιδράσεις προσβολής. Θα πρέπει όμως να γίνει αναλυτικότερη μελέτη του θέματος και να υπάρξουν περισσότερα πειραματικά δεδομένα για τη χρήση ή όχι ελαίων και imidacloprid στον αγρό στα πλαίσια της φυτοπροστασίας και των επιδράσεων τους στις αφίδες.

Summary

The effect of low concentration application of imidacloprid (0.5 ppm) was studied on the feeding behaviour of the cotton aphid *Aphis gossypii* and on its progeny production rate. The study has shown that the application of imidacloprid affects the feeding behaviour of the above aphid, reducing their probing and, thus, their feeding activity. A reduction also appeared on the number of cell penetrations during the first 10 minutes of feeding, but 10 minutes later the number of pds (penetration drop) showed no statistically significant differences, when compared to the control (plants sprayed with water). There was also no impact on the salivation (E1) and ingestion (E2) process. Finally, imidacloprid was found to have a negative effect on the survival of adults fed for 48 hours on sprayed plants, on their progeny, their production duration and also on the intrinsic rate of the population increase.

It was also studied the influence of the application of the oil ultrafine 2% on the transmission of zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) by *A. gossypii* and on the virus relation to the aphid feeding behaviour. The study showed that the low reduction of inoculation level of the oil-sprayed plants in relation to the control (water-sprayed plants) cannot be attributed to the pds, since during the first 10 minutes of feeding the pds are not reduced. The oil application has not also influenced the salivation (E1) and the ingestion (E2) process. However, it was found to affect the aphids' feeding behaviour, reducing their probing and, thus, their feeding activity.

Βιβλιογραφία

- Abbott, W.S. 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J.econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Adlrez, W.C. 1987.** Cucurbit potyvirus transmission by alatae aphids (Homoptera: Aphididae) trapped alive. *J. Econ. Entomol.* 80: 87-90.
- Berger, P.H., Pirone, T.P. 1986.** The effect of helper component on the uptake and localization of potyviruses in *Myzus persicae*. *Virology* 153:256-261.
- Blackman, R.L. 1971.** Variation in the photo periodic response within natural populations of *Myzus persicae* (Sulzer). *Bull. Entomol. Res.*, 60:533-546.
- Blackaman, R.L., Eastop, V.F. 1984.** Aphids of the world's crops. An Identification Guide. W. Clowes and Sons. (London).
- Blua, M.J., Perring, T. 1991.** Plant mediated interactions between zucchini yellow mosaic virus and *Aphis gossypii* Glover on *Cucurbita pepo* L.
- Bradley, R.H.E. 1959.** Loss of virus from the stylets of aphids. *Virology* 8: 308-318.
- Bradley, R.H.E, Wade, C.V., Wood, F.A. 1962.** Aphid transmission of potato virus Y inhibited by oils. *Virology* 18: 327-328.
- Bradley, R.H.E. 1963.** Some ways in which a parafin oil impedes aphid transmission of potato virus Y. *Canadian J. Microbiol.* 9: 369-380.
- Bradley, R.H.E., Moore, C.A., Pand, C.C. 1966.** Spread of potato virus Y curtailed by oil. *Nature*, 209: 1370-1371.
- Brown, C.M., Holbrook, F.R. 1976.** An improved electronic system for monitoring feeding of aphids. *American Potato Journal*, 53: 457-462.

- Castillo, M.B., Orlob, G.B. 1966.** Transmission of two strains of cucumber mosaic and alfalfa mosaic viruses by single aphids of *Myzus persicae*. *Phytopathology*, 56: 1028-1030.
- Castle, S.J., Perring, T.M., Farrar, C.A., Kishaba, A.N. 1992.** Field and laboratory transmission of watermelon mosaic virus 2 and zucchini yellow mosaic virus by various aphid species. *Phytopathology*, 82: 235-240.
- Dixon, A.F. 1970.** Quality and availability of food for a sycamore aphid population. *In* : Animal Populations in Relation to their food Recourses, ed. A. Watson, Blackwel, Oxford 271-287.
- Dixon, A.F.G. 1985.** Aphid Ecology. London. Dixon, A.F.G., 1985a. Parthenogenetic reproduction and the intrinsic rate of increase of aphid's *In* Aphids, their Biology, Natural Enemies and Control, eds. P. Harewijn and A. Minks, Elsevier, Amsterdam.
- Eastop, V.F. 1977.** Worldwide importance of aphids as virus vectors. *In* "Aphids as Virus Vectors" (K.F. Harris and K. Maramorosch, eds.), pp. 3-62 Academic Press, New York.
- Elbert, A., Overbeck, H., Iwaya, K., Tsuboi, S. 1990.** Imidacloprid: a novel systemic nitromethylene analogue insecticide for crop protection. Brighton Crop Protection Conferense on Pests and Diseases 1990, 1: 21-28.
- Evert, R.F., Eschrich, W., Eichhorn, S.E., Limbach, S.T. 1973.** Observations on penetration of barley leaves by the aphid *Rhopalosiphum maidis* (Fitch). *Protoplasma*, 77: 95-110.
- Forrest, J.M.S., Dixon, A.F.G. 1975.** The induction of leaf roll galls by the apple aphids *Dysaphis derecta* and *D. plantaginea*. *Ann. appl. Biol.* 81:281-288.
- Gibson, R.W., Payne, R.W., Katis, N. 1988.** The transmission of potato virus Y by aphids of different vectoring abilities. *Ann. appl. Biol.* 113: 35-43.
- Harris, K.F. 1977.** An ingestion-egestion hypothesis of non circulative virus transmission. *In*: K.F. Harris & K.

- Maramorosch (eds.). Aphids as Virus Vectors. Academic Press. New York :pp. 165-220.
- Harris, K.F. 1983.** Sternorrhynchous vectors of plant viruses: virus – vector interactions and transmission mechanisms. Adv. Virus. Res. 28: 113-140.
- Kennedy, I.S., Ibotson, A., Booth, C.O. 1950.** The distribution of aphid infection in relation to host age. I. *Myzus persicae* (Sulz.) and *Aphis fabae* (Scop.) on spindle trees and sugar-beet plants. Ann. appl. Biol. 37: 651-679.
- Kennedy, J.S. 1951.** Benefits to aphids from feeding on galled and virus-infected leaves. Nature (London) 168: 825-826.
- Kimmins, F.M., Tjallingii, W.F. 1985.** Ultrastructure of sieve element penetration by aphid stylets during electrical recording. Entomol. exp. et appl., 39: 135-143.
- Kulps, G. 1969.** Untersuchungen zum Verhalten von Mineralosen im Hinblick auf ihre Wirkung bei der Virusübertragung durch Blattläuse. Dissertation. Universität Hohenheim.
- Lecoq, H., Lisa, V., and Dallavalle, G. 1983.** Serological identity of muskmelon yellow stunt and zucchini yellow mosaic viruses. Plant Disease 67:824-825.
- Lecoq, H., Lemaire, J.M., Wipfscheibel, C. 1991.** Control of zucchini yellow mosaic virus in squash by cross protection. Plant Disease 75: 208-211.
- Leseman, K., Makkout, K.M., Koenig, R., Natafji Saman, E. 1983.** Natural infections of cucumbers by zucchini yellow mosaic virus in Lebanon. Phytopathologische Zeitschrift. 108: 304-313.
- Lisa, V., Boccardo, G., D'Agostino, G., Dellavalle, G., d'Aquilo, M. 1981.** Characterization of a potyvirus that causes zucchini yellow mosaic virus. Phytopathology 71: 667-672.
- Lisa, V., Lecoq, H. 1984.** Zucchini yellow mosaic virus. No 282 In: Descriptions of Plant Viruses. Commonwealth Mycological Institute/Association of Applied Biology, Kew, Surrey, England.

- Loebenstein, G.M., Deutsh, H., Sabar, Frankel & Z. 1966.** Field tests with oil sprays for the prevention of cucumber mosaic virus in cucumbers. *Phytopathol.* 56 512-516.
- Lowery, D.T., Sears, M.K., Harmer, C.S. 1990.** Control of turnip mosaic virus of rutabaga with applications of oil. Whitewash and insecticides . *J. Econ. Entomol.* 83: 2352-2356.
- Martin, B., Collar, J.L., Tjallingii, W.F., Fereres, A. 1997.** Intracellular ingestion and salivation by aphids may cause the acquisition and inoculation of non-persistently transmitted plant viruses. *Journal of General Virology.* 78:2701-2705.
- Mathews, R.E.F. 1991.** Inc. Relationships between plant viruses and invertebrates *Plant Virology*, Academic Press, 14:526-543.
- McLean, D.L., Kinsey, M.G. 1964.** A technique for electronically recording of aphid feeding and salivation. *Nature*, 202: 1358-1359.
- McLean, D.L., Kinsey, M.G. 1965.** Identification of electrically recorded curve patterns associated with aphid salivation and ingestion. *Nature*, 205: 1130-1131.
- McLean, D.L., Kinsey, M.G. 1967.** Probing behavior of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* I. Definitive correlation of electronically recorded wave forms with aphid probing activities. *Ann. Entom. Soc. America*, 60: 400-406.
- McLean, D.L., Kinsey, M.G. 1968.** Probing behavior of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* III. Effect of temperature differences on certain probing activities. *Ann. of Entom. Soc. America*, 61: 927-933.
- Mentink, P.J.M., Kimmins, F.M., Harrewijn, P., Dielemman, F.L., Tjallingii, W.F., Van Rheenen, B., Eenink, A.H. 1984.** Electrical penetration graphs combined with stylet cutting in a study of host plant resistance to aphids. *Entomol. Exp.appl.*, 35: 210-213.
- Miles, P.W. 1972.** The saliva of Hemiptera. *Advances in Insect Physiology*, 9: 183-255.

- Mittler, T.E. 1958.** Studies on the nutrition of *Tuberolachnus salignus* (Gmelin) (Homoptera, Aphididae). II The nitrogen and sugar composition of ingested phloem sap and excreted honeydew. J. exp. Biol. 35:74-84.
- Μπαλαγιάννης, Π.Γ. 1994.** Εγχειρίδιο Γεωργικών Φαρμάκων εκδόσεις Α. Σταμούλης. Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών pp 331.
- Nameth, S.T., Dodds, J.A., Paulus, A.O., Kishaba, A. 1985.** Zucchini yellow mosaic virus associated with severe disease of melon and watermelon in southern California desert valleys. Plant Disease 70: 8-12.
- Nauen, R. 1995.** Behaviour modifying effects of low systemic concentrations of imidacloprid on *Myzus persicae* with special reference to an antifeeding response. Pestic. Sci. 1995. 44:145-153.
- Nitzany, F.E. 1966.** Tests for the control of field spread of pepper viruses by oil sprays. Plant Dis. Rep. 50: 158-160.
- Patti, I. 1983.** Gli Afidi delgi Agrumi. Pubblicazione del C.N.R.
- Πελεκάσης, Κ.Ε.Δ. 1989.** Μαθήματα Γεωργικής Εντομολογίας. Β' τόμος Ειδική Εντομολογία, Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Percifull, D.E., Adlrez, W.C., Simone, G.W., Hiebert, E., Christie, S.R. 1984.** Serological relationships and partial characterization of Zucchini yellow mosaic virus in cucurbits from Connecticut, New York, and California. Plant Disease 75: 203-207.
- Peters, D., Lebbink, G. 1973.** The effect of oil on the transmission of pea enation mosaic virus during short inoculation probes. Entomol. exp. appl. 16: 185-190.
- Piero Cravedi and Grazeilla Bolche Kerini 1981.** Gli afidi del pesco.
- Pirone, T.P., Harris, K.F. 1977.** Nonpersistent transmission of plant viruses by aphids . Annu. Rev. Phytopathol. 15: 55-73.

- Pirone, T.P. 1981.** Efficiency and selectivity of the helper-component-mediated aphid transmission of purified potyviruses. *Phytopathology* 71: 922 – 924.
- Pirone, T.P., Thornbury, D.W. 1988.** Quantity of virus required for aphid transmission of a potyvirus. *Phytopathology* 78, 104-107.
- Pitrat, M., Lecoq, H. 1984.** Inheritance of Zucchini Yellow Mosaic Virus resistance in *Cucumis melo* L. *Euphytica* 33: 57-61.
- Pollard, D.G. 1973.** Plant penetration by feeding aphids (Hemiptera; Aphidoidea): a review. *Bull. Entomol. Res.*, 62: 631-714.
- Pollard, D.G. 1977.** Aphid penetration of plant tissues. In "Aphids as Virus Vectors" (K.F. Harris and K. Maramorosch, eds.) pp.105-118. Academic Press, New York.
- Powell, G. 1992.** The effect of mineral oil on stylet activities and potato virus Y transmission by aphids. *Entomol. exp. appl.*, 63: 237-242.
- Powell, G., Hardie, J. 1994.** Effects of mineral oil applications on aphid behaviour and transmission of potato virus Y. Brighton Crop Protection Conference –Pests and Diseases- 3D-7. pp.229-234.
- Puterka, G.J., Peters, D.C. 1988.** Rapid technique for determining green bug (Homoptera; Aphididae) B,C,E and F.J. *Econ. Entomol.* 81: 396-399.
- Remaudiere, G., Remaudiere, M. 1997.** Catalogue of the World's Aphididae (Homoptera, Aphidoidea). INRA, Paris, pp. 37-38.
- Rohfritsch, O. 1977.** Ultrastructure of the nutritive tissue of *Chermus abietus* L. fundatrix of *Picea excelsa* L. *Marcellia*, 40: 135-149.
- Schaefers, G.A. 1966.** The use of direct current for electronically recording aphid feeding and salivation. *Ann. Entomol. Soc. America*, 59: 1022-1024.

- Schriijnwerkers, C., Huijberts, N., Bos, L. 1991.** Zucchini yellow mosaic virus: two outbreaks in the Netherlands and seed transmission. *Netherlands J. of Plant Pathology* 97: 1-7.
- Simons, J.N., McLean, D.L., Kinsey, M.G. 1977.** Effects of mineral oil on probing behaviour and transmission of stylet – borne viruses by *Myzus persicae* . *J. Econ. Entomology*. 70: 309-315.
- Simons, J.N., Zitter, T.A. 1980.** Use of oils to control aphid-borne viruses. *Plant Disease*. 64:542-546.
- Stephen, A.H.** *Methods in Plant Virology*.
- Thornbury, D.W., Hellmann, G.M., Rhoads, R.E., Pirone, T.P. 1985.** Purification and characterisation of potyvirus helper component. *Virology* 144: 260-267.
- Tjallingii, W.F. 1978a.** Electronic recording of penetration behavior by aphids. *Entomol. exp. Appl.*, 24: 721-730.
- Tjallingii, W.F. 1978b.** Mechanoreceptors of the aphid labium. *Entomol. exp. Appl.*, 24: 731-737.
- Tjallingii, W.F. 1985a.** Electrical nature of recorded signals during stylet penetration by aphids. *Entomol. exp. Appl.*, 38: 177-186.
- Tjallingii, W.F. 1985b.** Membrane potentials as an indicator for plant cell penetration by aphid stylets. *Entomol. exp. Appl.*, 38: 187-195.
- Tjallingii, W.F. 1987.** Stylet penetration activities by aphids: new correlations with electrical penetration graphs. In: *Proceedings of the 6th International Symposium on Insect-Plant Relationships*, Pau, France (in press).
- Tjallingii, W.F. 1987.** Electrical recording of stylet penetration activities. *Aphids, Their biology, natural enemies and control*. *World Crop Pests*, 2B. Edited by A.K. Minks and P. Harrewijn. pp.95-108.
- Τζανακάκης, Μ.Ε. 1980.** Μαθήματα Εφαρμοσμένης Εντομολογίας 2 ειδικό μέρος. Έκδοση: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Θεσσαλονίκη.

- Τζανακάκης, Μ.Ε. 1995.** Εντομολογία. Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Θεσσαλονίκη.
- Τσιτσιπής, Ι.Α. 1997.** Εφαρμοσμένη Εντομολογία (Σημειώσεις) Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Vandervecken, J. 1968.** Effects of mineral oils and lipids on aphid transmission of beet mosaic and beet yellows viruses. *Virology* 34:807 – 809.
- Vandervecken, J. 1977.** Oils and other inhibitors of nonpersistent virus transmission. In: K.F. Harris & K. Maramorosch (eds). *Aphids as Virus Vectors*. Academic Press. New York : pp, 435-454.
- Wang, H.L., Gonsalves, D., Provvidenti, R., Lecoq, H. 1991.** Effectiveness of cross protection by a mild strain of Zucchini yellow mosaic virus in cucumber, melon and squash. *Plant Disease* 75 :203-207.
- Wensler, R.J.D., Filshie, B.K. 1969.** Gustatory sense organs in the food canal of aphids. *J. Morphology*, 129: 473-492.
- Wensler, R.J.D. 1974.** Sensory innervation monitoring movement and position in the mandibular stylets of the aphid , *Brevicoryne brassicae* L. *J. Morphology* 143:349-364.
- Wensler, R.J.D. 1977.** The fine structure of distal receptors on the labium of the aphid, *Brevicoryne brassicae* L. (Homoptera). *Cell and Tissue Research*, 181: 409-421.
- Whyatt, I.J., White, P.F. 1997.** Simple estimation of intrinsic increase rates for aphids and tetranychid mites. *J. appl. Ecol.* 14:757-766.
- Woodford, J.A.T. 1992.** Effects of systemic applications of imidacloprid on the feeding behaviour and survival of *Myzus persicae* on potatoes and on transmission of potato leafroll virus. *Phflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 45/1992, 3pp. 527-546.
- Woodford, J.A.T., Mann, J.a. 1992.** Systemic effects of imidacloprid on aphid feeding behaviour and virus

transmission on potatoes. Brighton Crop Protection Conference –Pests and Diseases- 1992. 6C-4. pp. 557-562.

Wyman, J. 1971. Use of oils and other materials in the reduction of aphid – transmitted plant viruses. Dissertation . University of Wisconsin.

